www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

2e JAARGANG NUMMER 9 SEPTEMBER 1937

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

ZENDPENTHODEN

door J. P. HEYBOER.

Samenvatting. Beginnende met algemeene beschouwingen omtrent hoogfrequentversterking in zenders wordt de werking van trioden, tetroden en penthoden behandeld en worden de voordeelen van penthoden in vergelijking met tetroden en trioden in het licht gesteld.

Inleiding

Hoogvacuum-versterkerlampen worden in zenders in verschillende toepassingen gebruikt, die als volgt kunnen worden onderscheiden:

a) laagfrequentversterkers,
b) hoogfrequentversterkers,
c) oscillatoren.

De eerste groep dient ter versterking van de spraak of muziek, waarmee de hoogfrequente trilling moet worden gemoduleerd; om die reden noemt men deze versterkers ook wel modulatie-versterkers.

De groepen b) en c) behooren tot het hoogfrequente deel van de zender; de oscillator heeft daarbij tot taak, de gewenschte hoogfrequente trilling op te wekken, welke trilling dan verder in de daarachter volgende hoogfrequentversterkers wordt versterkt.

In het volgende zal verder alleen over hoogfrequentversterkers worden gesproken.

A-, B- en C-versterking

Bepaalt men voor een willekeurige versterkerlamp de anodestroom als functie van de stuurroosterspanning, waarbij de spanningen van de andere electroden constant worden gehouden, dan vindt men een karakteristiek, zooals *fig. 1* schematisch weergeeft.

Wordt de lamp als versterker gebruikt, dan geeft men aan het rooster een zekere negatieve voorspanning en superponeert daarop de wisselspanning, die moet worden versterkt.

Afhankelijk van de grootte van de negatieve voorspanning onderscheidt men nu drie soorten van versterking, nl.:

klasse A-versterking,
klasse B-versterking,
klasse C-versterking.

Men spreekt van klasse A-versterking, indien de negatieve voorspanning zoodanig is gekozen, dat de anodestroom een bepaalde waarde heeft, terwijl zelfs bij de grootste optredende waarde van de

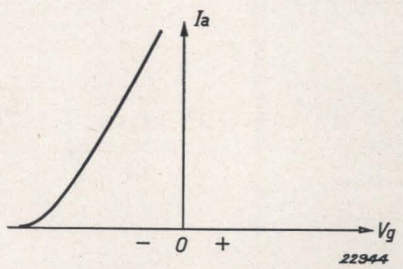


Fig. 1. Statische karakteristiek van een versterkerlamp, gevende de anodestroom I_a als functie van de stuurroosterspanning V_g.

roosterwisselspanning de stroom niet gelijk wordt aan nul. Dit beteekent dus, dat de anodestroom vloeit gedurende de volle periode van de wisselspanning op het rooster.

Bij klasse B-versterking is de voorspanning zoodanig, dat de anodestroom in de rusttoestand nagenoeg nul is. Wordt op deze voorspanning de wisselspanning gesuperponeerd, die moet worden versterkt, dan zal het duidelijk zijn, dat de anodestroom slechts vloeit gedurende de helft van de periode.

Bij klasse C-versterking is de negatieve voorspanning grooter dan in het voorgaande geval; in de rusttoestand is de anodestroom nul, terwijl, wanneer een wisselspanning op het rooster staat, de stroom slechts vloeit gedurende minder dan de helft van de periode.

Neemt men aan, dat de wisselspanning op het rooster sinusvormig met de tijd verandert, dan kan men aan de hand van fig. 1 voor elk der drie

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

versterkingsmethoden gemakkelijk de anodestroom als functie van de tijd vinden. Men vindt deze resultaten weergegeven in *fig. 2*.

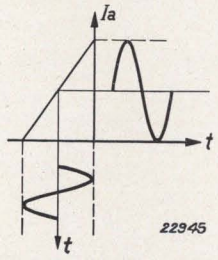
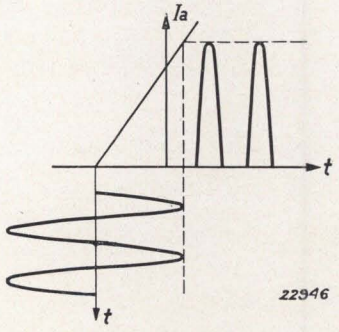
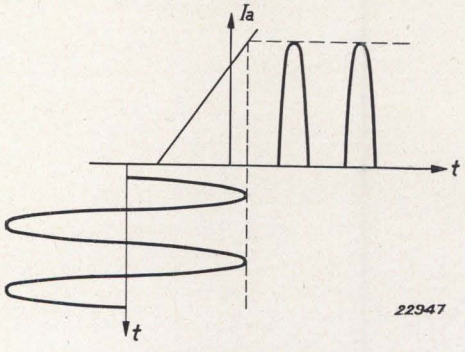


Fig. 2. Anodestroom als functie van de tijd bij excitatie van het stuurrooster met een sinusvormige spanning, bij:
a) klasse A-versterker,



b) klasse B-versterker,



c) klasse C-versterker.

Uit deze figuur blijkt, dat bij A-versterking de anodestroom vrijwel dezelfde krommevorm vertoont als de roosterspanning, hetgeen bij B- en C-versterking niet het geval is, omdat immers tijdens de negatieve helft van de periode geen stroom vloeit. Bij laagfrequentversterkers, waar een onvervormde weergave van spraak en muziek een eerste eisch is, zal men daarom bij voorkeur van A-versterking gebruik maken.

Het nadeel van A-versterkers is echter, dat ook, indien geen signaalspanning op het rooster staat, er anodestroom vloeit, waarvan het vermogen in de vorm van warmte in de anode verloren gaat. Daar tijdens het bedrijf de anodestroom om de rustwaarde schommelt, wordt daardoor het rendement ongunstig beinvloed. Inderdaad blijkt dit bij A-versterkers hoogstens ca. 50 % te bedragen, d.w.z. 50 % van het opgenomen gelijkstroomvermogen wordt als nuttig vermogen afgegeven, de rest gaat als anodeverwarming verloren.

Terwijl bij ontvanglampen met deze warmteontwikkeling dikwijls al rekening moet worden gehouden, is dit bij zendlampen zeer zeker het geval, wegens de groote vermogens, die daar optreden en de hooge kosten, die met het energieverlies gepaard gaan. Het is dus van belang, het rendement bij zendlampen zoo hoog mogelijk op te voeren, teneinde bij een bepaalde toelaatbare anodedissipatie het afgegeven vermogen zoo groot mogelijk te doen zijn. Dit kan met klasse B- en C-versterking worden bereikt, hetgeen in het volgende zal worden aangetoond.

Afgegeven vermogen en rendement bij B- en C-versterking

In *fig. 3* is het gebruikelijke schema van een hoogfrequentversterker weergegeven. De negatieve spanning op het rooster is zoo hoog, dat in de

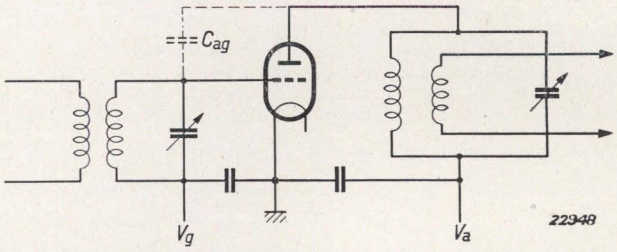


Fig. 3. Schakeling van een triode als hoogfrequentversterker. Tengevolge van de capaciteit C_{ag} tusschen rooster en anode wordt een gedeelte van de anode-wisselstroom naar de ingangsketen teruggeleid en kan bij een inductieve weerstand van deze keten tot zelfexcitatie leiden.

rusttoestand de anodestroom nul (klasse C) of bijna nul (klasse B) is. Daarop is gesuperponeerd de hoogfrequente wisselspanning, die door de voorgaande trap van de zender wordt geleverd. Deze wisselspanning wordt de excitatie-spanning genoemd.

In de anodeleiding van de lamp is een kring opgenomen, die met een weerstand is belast (bijv. de stralingsweerstand van een antenne) en die is afgestemd op de frequentie van de excitatiespanning.

De anodestroom als functie van de tijd is van de gedaante, zooals schematisch in fig. 2*b* (klasse B) en 2*c* (klasse C) is weergegeven.

Men kan deze stroomkrommen ontleden in een gelijkstroomcomponent en diverse hoogfrequente componenten. In *fig. 4* is dat voor een bepaalde krommevorm voor klasse C uitgevoerd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Eén van de hoogfrequente componenten heeft de frequentie van de excitatie-spanning (de grondfrequentie); de andere componenten hebben frequenties, die veelvouden zijn van de grondfrequentie.

Nu is de anodekring op de grondfrequentie afgestemd; dit beteekent, dat alleen de stroomcomponent, die de grondfrequentie heeft (de eerste harmonische), een impedantie ondervindt, die bovendien ohmsch is en die wij zullen aanduiden met R_a, terwijl er voor de andere harmonischen geen impedantie aanwezig is. Alleen de eerste harmonische van de anodestroom (waarvan we de amplitude aanduiden met I_{a1}) geeft dus een spanningsval over deze weerstand, welke spanningsval sinusvormig is en waarvan we de amplitude $V_{a\sim}$ zullen noemen. Het is duidelijk, dat tusschen I_{a1} en $V_{a\sim}$ de betrekking bestaat:

$$V_{a\sim} = I_{a1} R_a \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Uit fig. 4 ziet men, dat het maximum van de eerste harmonische gelijktijdig optreedt met het maximum I_{a_m} van de totale anodestroomkromme. Daar uit den aard der zaak dit maximum van de anodestroom samenvalt met het maximum van de roosterspanning $V_{g\sim}$, zijn I_{a1} en $V_{g\sim}$ in phase. Uit het feit, dat $V_{a\sim}$ een spanningsval in R_a is, volgt dan, dat $V_{a\sim}$ in *tegen*phase is met $V_{g\sim}$. In *fig. 5* is het verloop van spanningen en stroomen met de tijd geteekend.

Het vermogen, dat door de lamp wordt afgegeven aan de anodeweerstand R_a, is:

$$P_0 = {}^1/_2 I_{a1} V_{a\sim}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

terwijl het opgenomen gelijkstroomvermogen is:

$$P_i = V_a I_{a0}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

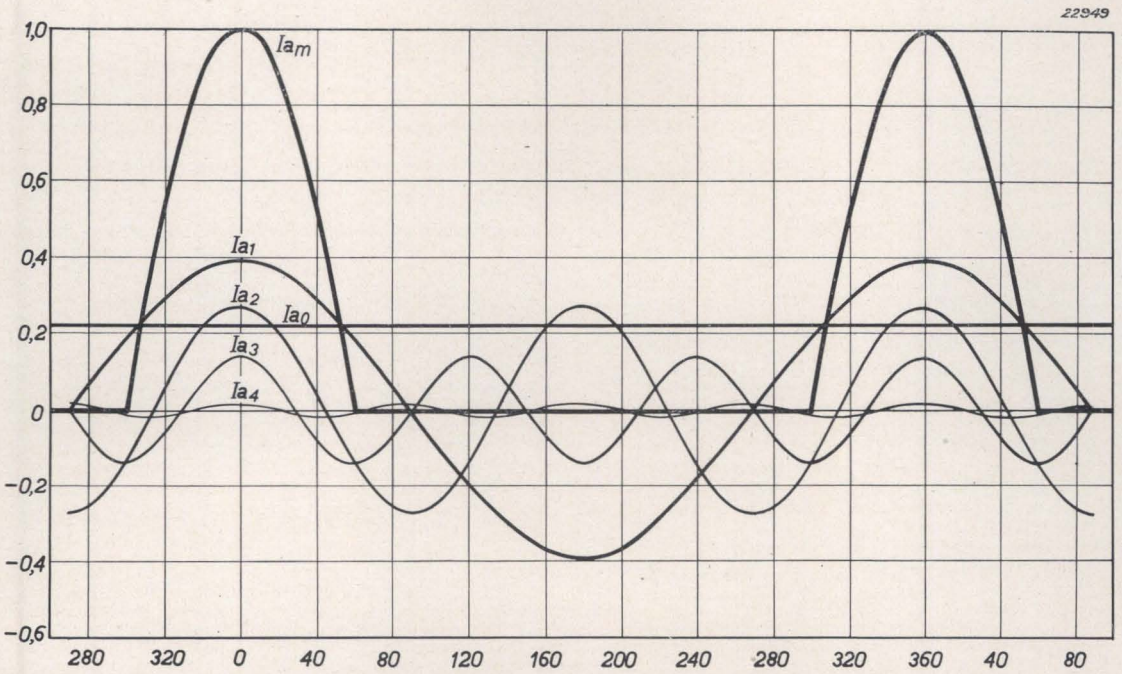


Fig. 4. Ontleding van de anodestroomkromme van een klasse C-versterker in gelijkstroomcomponent en harmonische trillingen, wanneer de stroomvoerende periode $^1/_3$ van de totale periode is, terwijl de lampkarakteristiek lineair is.

waarin V_a de anodegelijkspanning en I_{a0} de anodegelijkstroom is.

Het rendement wordt dan:

$$\eta = \frac{P_0}{P_i} = {}^1/_2 \frac{I_{a1}}{I_{a0}} \cdot \frac{V_{a\sim}}{V_a}; \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

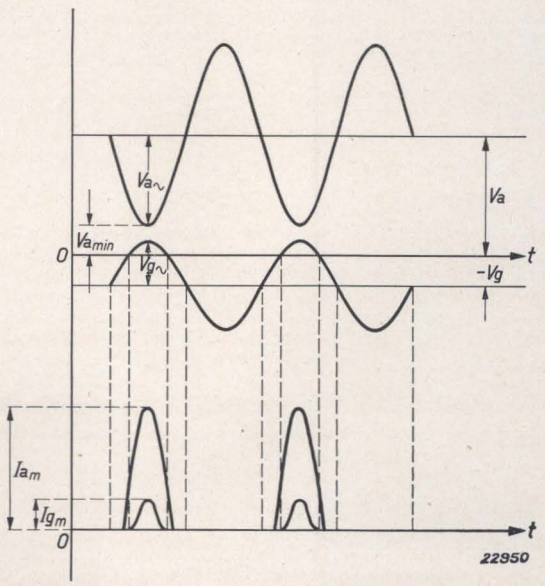


Fig. 5. Spanningen en stroomen als functie van de tijd bij een klasse C-versterker.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

dit is derhalve afhankelijk van de verhoudingen I_{a1}/I_{a0} en $V_{a\sim}/V_a$. Men noemt $V_{a\sim}/V_a$ wel de spanningsuitsturing. Een hoog rendement wordt dus bereikt, door de verhoudingen I_{a1}/I_{a0} en $V_{a\sim}/V_a$ zoo groot mogelijk te maken.

De verhouding I_{a1}/I_{a0} hangt af van de krommevorm van de anodestroom en is voor gegeven krommevorm te vinden door Fourier-reeksontwikkeling.

Wanneer de stroomkromme bestaat uit halve sinussen, zooals dat tennaastebij het geval is bij klasse B-versterking, is de verhouding $I_{a1}/I_{a0} = {}^1/_2\,\pi = 1{,}57$, terwijl bij klasse C-versterking deze verhouding grooter wordt en meestal tusschen 1,7 en 1,8 ligt.

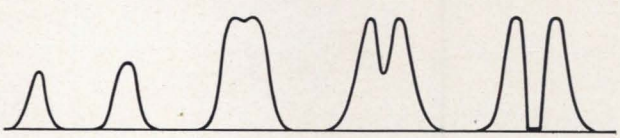
De spanningsuitsturing $V_{a\sim}/V_a$ kan practisch niet grooter dan 1 zijn en ligt meestal in de buurt van 0,9 (voor tetroden wordt dat eenigszins anders, zooals later wordt aangetoond).

Waarom deze waarde van de uitsturing optreedt, is als volgt in te zien. Wanneer de roosterspanning haar maximum passeert, is ook de anodestroom maximaal en tegelijkertijd de anodespanning minimaal. De resteerende anodespanning is dan

$$V_{a_{\min}} = V_a - V_{a\sim} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

(vergelijk fig. 5).

Nadert nu de verhouding $V_{a\sim}/V_a$ de waarde 1, dan wordt $V_{a_{\min}}$ steeds kleiner en zal tenslotte nul zijn; wordt zelfs negatief, indien $V_{a\sim}/V_a$ iets grooter is dan 1. Is echter $V_{a_{\min}}$ nul of negatief, dan moet de anodestroom nul zijn, omdat de electronen nu niet meer worden versneld in de richting naar de anode, doch integendeel, nadat ze het rooster zijn gepasseerd, daarop worden teruggeworpen. Inplaats van door een maximum te gaan, passeert de anodestroom dus een minimum, zoodat de stroomkromme een vorm verkrijgt, zooals in *fig. 6*



22951

Fig. 6. Verloop van de anodestroom voor een triode bij sinusvormige excitatiespanning (van links naar rechts toenemend). Wanneer de excitatiespanning zoo hoog is, dat de anodespanning bij topwaarde van de anodestroom onder de roosterspanning zinkt, gaat de emissiestroom voor een groot deel naar het rooster ten koste van de anodestroom. Hierdoor verkrijgt de stroomkurve een dusdanige deuk, dat de eerste harmonische van de anodestroom van een zekere excitatiespanning af practisch niet meer toeneemt.

schematisch is weergegeven, d.w.z. op de plaats, waar vroeger het maximum lag, is nu een indeuking gekomen, die des te grooter is, naarmate $V_{a_{\min}}$ kleiner is, dus naarmate $V_{a\sim}$ grooter is.

Deze indeuking heeft tot gevolg, dat alle componenten van de anodestroom worden begrensd op een bepaalde waarde; met name is dat met de eerste harmonische I_{a1} het geval, omdat het maximum daarvan immers juist optreedt ter plaatse van de inzinking. Aangezien steeds de betrekking (1) bestaat, wordt dan ook $V_{a\sim}$ begrensd en wel, zooals de ervaring leert, op een waarde, die ca. 0,9 van de anodegelijkspanning is. Men zegt wel, dat de anodewisselspanning door de anodegelijkspanning wordt begrensd.

Waar nu stroom- en spanningsuitsturing tennaastebij bekend zijn, is dat ook met het rendement het geval; voor klasse B-versterkers is het omtrent 70 % en voor klasse C-versterkers 75 à 80 %.

Men ziet, dat het rendement aanzienlijk hooger is dan bij klasse A-versterkers.

Trioden als hoogfrequent-versterkerlampen

Wordt een triode als hoogfrequentversterker van klasse C gebruikt, dan kan men inderdaad een groot afgegeven vermogen verkrijgen, gepaard aan een goed rendement.

Er zijn echter twee belangrijke nadeelen, nl.:

1) De roosterstroom is betrekkelijk groot.
2) Een triode vertoont neiging tot zelfoscilleeren.

Wat punt 1 betreft, de groote roosterstroom hangt direct samen met de spanningsuitsturing. Wij hebben gezien (fig. 5), dat de anodespanning minimaal is op het oogenblik, dat de roosterspanning maximaal is. Voorts is uiteengezet, dat de anodewisselspanning zoo hoog mogelijk wordt opgevoerd, teneinde een goed rendement te verkrijgen. Men zal echter de spanningsuitsturing slechts zoover vergrooten, dat de minimale anodespanning gelijk is aan de maximale roosterspanning. Zou nl. de laatste grooter zijn dan de eerste, dan zou gedurende de tijd, dat het rooster op hoogere potentiaal is dan de anode, een groot deel van de emissiestroom van de kathode naar het rooster gaan, ten koste van de anodestroom. Daardoor wordt natuurlijk het afgegeven vermogen ongunstig beinvloed, omdat de reeds vroeger beschreven inzinking in de anodestroomkromme zich hier gaat vormen, terwijl de roosterstroomkromme een hooge topwaarde verkrijgt.

Kleiner dan de maximale roosterspanning mag de minimale anodespanning dus nooit worden, hoogstens er aan gelijk, terwijl bij grootere lampen, speciaal de door water gekoelde, de minimale anodespanning zelfs eenige malen grooter is dan de maximale roosterspanning.

Niettemin zal zelfs indien aan bovenstaande

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

voorwaarde is voldaan, de roosterstroom nog vrij groot zijn, omdat immers wegens de lage anodespanning de versnellende werking van de anode gering en derhalve de kans, dat electronen op het rooster terecht komen, vrij groot is.

Het vermogen van de roosterstroom, het zg. excitatievermogen, is bij een triode dus vrij aanzienlijk en moet door de voorgaande trap worden geleverd. Wij zullen zien, dat in dit opzicht tetroden en penthoden in het voordeel zijn.

De neiging tot zelfoscilleeren wordt veroorzaakt door de capaciteit tusschen anode en rooster, in fig. 3 aangeduid met C_{ag}. De anodewisselspanning veroorzaakt nl. een stroom in de serieschakeling, gevormd door C_{ag} en de roosterkring, waardoor op de laatste een wisselspanning ontstaat. Is de impedantie van de roosterkring inductief, dan is deze teruggekoppelde spanning in tegenphase met de anodewisselspanning en derhalve juist in phase met de oorspronkelijke excitatiespanning. Onder bepaalde omstandigheden kan nu deze teruggekoppelde spanning even groot worden als de oorspronkelijk benoodigde excitatie-spanning; er treedt dan zelfoscilleeren op.

Dit bezwaar van hoogfrequent-triodeversterkers is op twee manieren te ondervangen, nl.:

1) door neutrodyniseeren (d.i. het toevoeren aan het rooster van een spanning, die gelijk is aan, doch in tegenphase met de teruggekoppelde spanning);
2) door het aanbrengen van een extra rooster tusschen anode en stuurrooster, welk rooster hoogfrequent wordt geaard, zoodat een afscherming ontstaat tusschen anode en stuurrooster en derhalve C_{ag} tot een zeer kleine waarde wordt gereduceerd.

Tetroden

Deze laatste methode is toegepast in schermroosterlampen (tetroden en penthoden), welke tusschen het stuurrooster g_1 en de anode a nog een schermrooster g_2 hebben. De practijk heeft geleerd, dat het neutrodyniseeren bij deze versterkers achterwege kan worden gelaten, omdat C_{ag_1} zeer klein is. Hieronder volgen voor enkele tetroden de waarden van C_{ag_1}; ter vergelijking zijn voor twee trioden eveneens de waarden van C_{ag} vermeld.

Tetroden	QC 05/15	C_{ag_1} =	0,004	µµF
	QB 2/75	C_{ag_1} =	0,02	„
	QB 3/500	C_{ag_1} =	0,01	„
Trioden	TC 04/10-I	C_{ag} =	6,8	µµF
	TC 1/75	C_{ag} =	10,4	„

Het gevolg van het aanbrengen van het schermrooster is, dat de karakteristieken, die aangeven het verloop van de anodestroom als functie van de anodespanning anders verloopen dan bij een triode. Als voorbeeld geven *fig. 7* en *8* deze

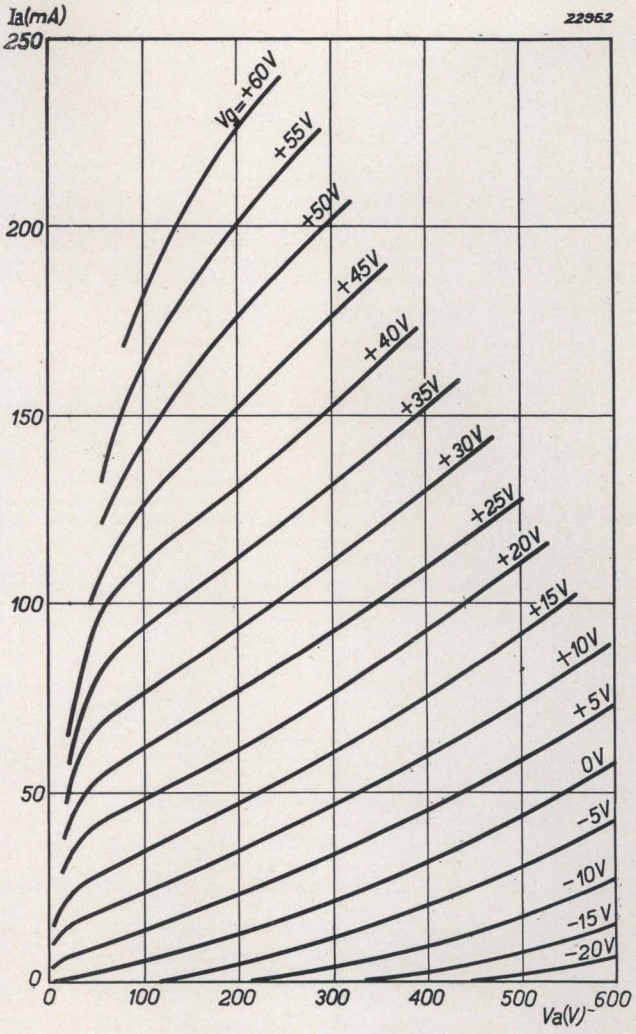


Fig. 7. Statistische I_a-V_a-karakteristieken van de triode TC 04/10-I. De anodestroom neemt sterk toe met de anodespanning.

karakteristieken voor de triode TC 04/10 en voor de tetrode QC 05/15. Men ziet, dat bij de tetrode de karakteristieken voor verreweg het grootste gedeelte practisch evenwijdig met de V_a-as loopen, m.a.w. dat de anodestroom zoo goed als onafhankelijk is van de anodespanning. Dat dit zoo moet zijn, is ook direct duidelijk; immers de afscherming door het schermrooster brengt de invloed van de anodespanning op de anodestroom tot bijna nul terug.

Uit fig. 8 is te zien, dat de I_a-V_a-karakteristieken van een tetrode snel tot nul afnemen, indien de anodespanning ongeveer gelijk is aan de schermroosterspanning. Het gevolg daarvan is, dat de anodewisselspanning tijdens het bedrijf hoogstens ongeveer gelijk kan worden aan het verschil van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

anode- en schermroostergelijkspanning, omdat, wanneer de wisselspanning grooter wordt, de anodestroomkromme weer op dezelfde wijze een inzinking zal vertoonen als vroeger is beschreven. De spanningsuitsturing kan dus hier niet de waarde 1 bereiken, doch is ongeveer gelijk aan:

$$\left(\frac{V_{a\sim}}{V_a}\right) \cdot \frac{V_a - V_{g_2}}{V_a} = 1 - \frac{V_{g_2}}{V_a} \quad \cdot \cdot \quad (6)$$

Indien V_{g_2} betrekkelijk groot is in vergelijking met V_a, zooals bijv. bij QC 05/15 het geval is, waar $V_a = 500$ V en $V_{g_2} = 125$ V is, wordt de uitsturing vrij wat minder dan 1 (bij QC 05/15 bijv. ca. 75 %). Afgegeven vermogen en rendement worden daardoor ongunstig beinvloed.

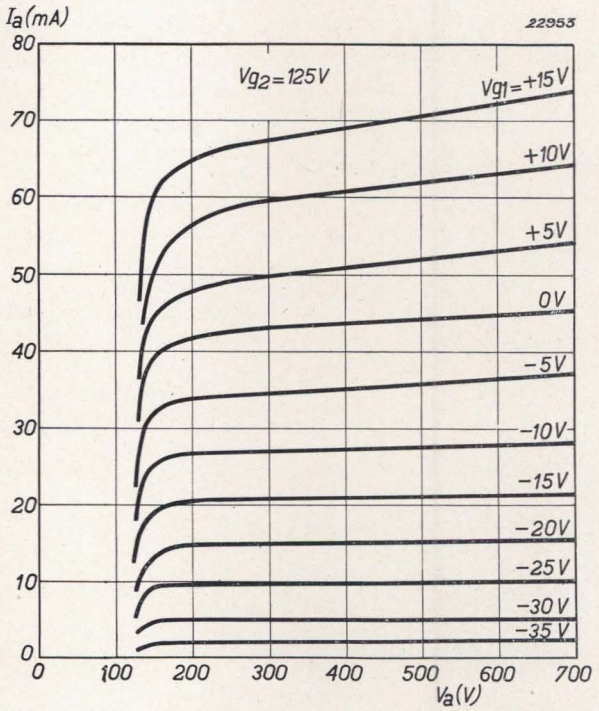


Fig. 8. Statische I_a-V_a-karakteristieken van de tetrode QC 05/15 met een schermroosterspanning van 125 V. De anodestroom is vrijwel onafhankelijk van de anodespanning, mits deze grooter is dan de schermroosterspanning.

Een voordeel is echter — behalve de zeer kleine waarde van C_{ag_1} — dat de stuurroosterstroom en daarmee het excitatievermogen veel kleiner is dan bij een triode onder overigens gelijke omstandigheden, zoodat de stuurtrap veel kleiner gedimensioneerd kan zijn en dus goedkooper wordt.

De geringe waarde van de stuurroosterstroom wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van het schermrooster, dat op constante hooge spanning staat, terwijl het stuurrooster tijdens het bedrijf niet zulk een hooge spanning krijgt. De versnellende kracht, die de electronen ondervinden na het passeeren van het stuurrooster is daardoor grooter dan bij een triode; dientengevolge gaan relatief minder electronen naar dit rooster en is de roosterstroom kleiner.

Secundaire emissie

Het afbuigen van de I_a-V_a- karakteristieken van een tetrode ter plaatse $V_a = V_{g_2}$ is een gevolg van de secundaire emissie van anode en schermrooster.

Van de electronen, die het stuurrooster zijn gepasseerd, zal nl. een gedeelte het schermrooster treffen, terwijl de andere naar de anode gaan. Door de opvallende (primaire) electronen worden uit het schermrooster secundaire vrijgemaakt, die naar de anode gaan, zoolang de potentiaal hiervan hooger is dan die van het schermrooster. Is daarentegen de anodespanning gelijk aan of slechts weinig hooger dan de schermroosterspanning, dan zullen de secundaire electronen van het schermrooster nagenoeg geen versnellende kracht naar de anode ondervinden en zich dus ook niet daarheen bewegen. Wordt de anodespanning lager dan de schermroosterspanning dan zullen integendeel de secundaire electronen, die uit de anode worden vrijgemaakt, naar het schermrooster gaan, zoodat de anodestroom zelfs negatief kan worden.

Penthoden

Met het doel, deze invloed van de secundaire electronen weg te nemen heeft men bij penthoden tusschen het schermrooster en de anode een vangrooster geplaatst, dat met de kathode is verbonden. De secundaire electronen van het schermrooster zullen nu niet meer naar de anode gaan wegens hun geringe snelheid en de remmende werking van het vangrooster. Evenmin gaan de secundaire electronen van de anode naar het schermrooster, als V_a onder V_{g_2} daalt. Daarmee is echter de sterke fluctuatie van I_a in de omgeving van $V_a = V_{g_2}$ verdwenen. Inderdaad loopen bij een penthode de I_a-V_a-karakteristieken nagenoeg evenwijdig aan de V_a-as tot nabij $V_a = 0$, hetgeen wordt geillustreerd in *fig. 9*, waar deze karakteristieken voor een penthode PE 05/15 zijn weergegeven.

Eerst wanneer de anodespanning de waarde nul nadert, buigen de karakteristieken om, omdat dan de primaire electronen, die het schermrooster zijn gepasseerd, niet meer worden versneld, en zoodoende de anodestroom tot nul daalt.

Het gevolg is, dat bij gebruik van een penthode als hoogfrequentversterker de hoogste waarde, die de anodewisselspanning kan bereiken, ongeveer gelijk is aan de anodegelijkspanning, zoodat de spanningsuitsturing weer de waarde 1 nadert en dus grooter is dan bij een tetrode onder overigens gelijke

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

omstandigheden. Daardoor zijn het afgegeven vermogen en het rendement ook hooger.

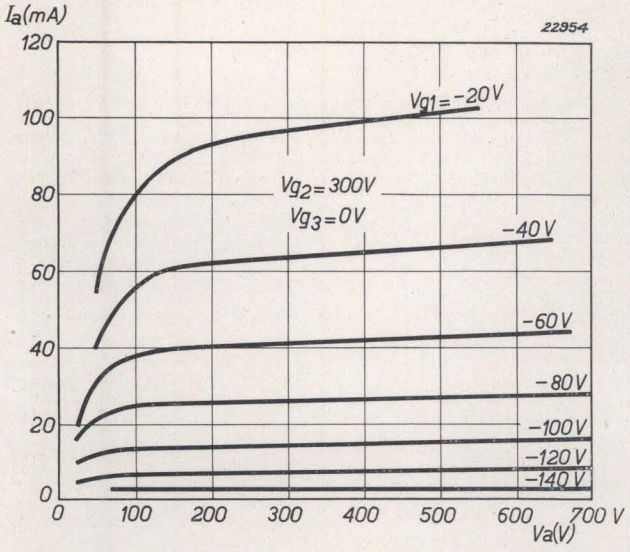


Fig. 9. Statische I_a-V_a-karakteristiek van de penthode PE 05/15 met een schermroosterspanning van 300 V en een vangroosterspanning 0. De anodestroom is van zeer kleine waarden van de anodespanning af vrijwel onafhankelijk van de anodespanning.

Resumeerende heeft dus de penthode de volgende voordeelen:

1) Neutrodyniseeren is overbodig, hetgeen vooral van belang is bij zenders met veranderlijke golflengte en bij het versterken van hooge frequenties.
2) Afgegeven vermogen en rendement zijn zeer gunstig.
3) Het excitatie-vermogen is zeer klein, of m.a.w. de energieversterking is zeer groot. Dit beteekent, dat een zender voor gegeven vermogen bij uitvoering met penthoden uit minder trappen bestaat dan bij uitvoering met trioden.

Toepassing in zenders

Ten aanzien van de toepassing in zenders onderscheidt men de volgende gevallen:

a) hoogfrequentie-telegrafie-versterking,
b) hoogfrequentie-telefonie-versterking (klasse B-instelling),
c) modulatie van de hoogfrequente trilling, die door de lamp wordt versterkt.

a) Bij gebruik als hoogfrequentie-telegrafie-versterker wordt een zoodanige instelling gekozen, dat het afgegeven vermogen zoo groot en het rendement zoo gunstig mogelijk is. Men zal hiervoor dus een klasse C-instelling kiezen. De begrenzingen, die hierbij optreden zijn de maximaal toelaatbare waarden van de anode- en schermroosterdissipatie en van de kathodegelijkstroom.

b) Bij gebruik als hoogfrequentie-telefonie-versterker is de excitatie-spanning laagfrequent gemoduleerd (dit beteekent dus, dat één van de voorgaande trappen van de zender gemoduleerd wordt). De instelling moet natuurlijk zoodanig zijn, dat de modulatie van de excitatie-spanning onvervormd in de antennestroom wordt teruggevonden.

Daartoe is noodig, dat de negatieve vóórspanning op het stuurrooster zoo groot is, dat bij de gegeven schermroosterspanning de anodestroom nagenoeg nul is (klasse B-versterking).

Dat daarbij een lineair verband bestaat tusschen de antennestroom en de amplitude van de excitatiespanning, is als volgt in te zien.

Uit fig. 2*b* blijkt, dat de anodestroomkromme uit halve sinuskrommen bestaat, die met een onderbreking van een halve periode op elkander volgen, m.a.w. de tijd, gedurende welke stroom vloeit, is steeds de helft van de volle periode.

Voor een dergelijke stroomkromme is de verhouding tusschen de maximale stroomwaarde, I_{a_m}, en de amplitude van de eerste harmonische, I_{a1}, constant en gelijk aan $\frac{1}{2}\pi$, en wel onafhankelijk van de waarde van I_{a_m}.

Nu is de statische karakteristiek van de lamp practisch recht, dus is I_{a_m} evenredig met $V_{g_1\sim}$. Daaruit volgt dan, dat ook I_{a1} evenredig is met $V_{g_1\sim}$.

Volgens (1) en (2) is verder:

$$P_0 = {}^1/_2\, I_{a1}\, V_{a\sim} = {}^1/_2\, I_{a1}{}^2\, R_a \quad . \quad . \quad (7)$$

Dit vermogen komt in de antenne terecht; is I_{ant} de effectieve waarde van de antennestroom en R_{ant} de antenneweerstand, dan is

$$P_0 = I^2_{\text{ant}}\, R_{\text{ant}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Uit (7) en (8) volgt:

$$I_{\text{ant}} = I_{a1} \sqrt{\frac{R_a}{2\, R_{\text{ant}}}} = \text{const.} \cdot I_{a1} \quad . \quad (9)$$

m.a.w. I_{ant} is evenredig met I_{a1} en dus blijkens het voorgaande ook met $V_{g1\sim}$.

c) Tenslotte kan de hoogfrequente trilling, die door de lamp wordt versterkt, laagfrequent worden gemoduleerd door nl. op de gelijkspanning van één der electroden een laagfrequente spanning te superponeeren. Men krijgt dan de volgende mogelijkheden:

1) anodemodulatie,
2) vangroostermodulatie,
3) schermroostermodulatie,
4) stuurroostermodulatie,
5) gelijktijdige modulatie in anode en schermrooster.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info

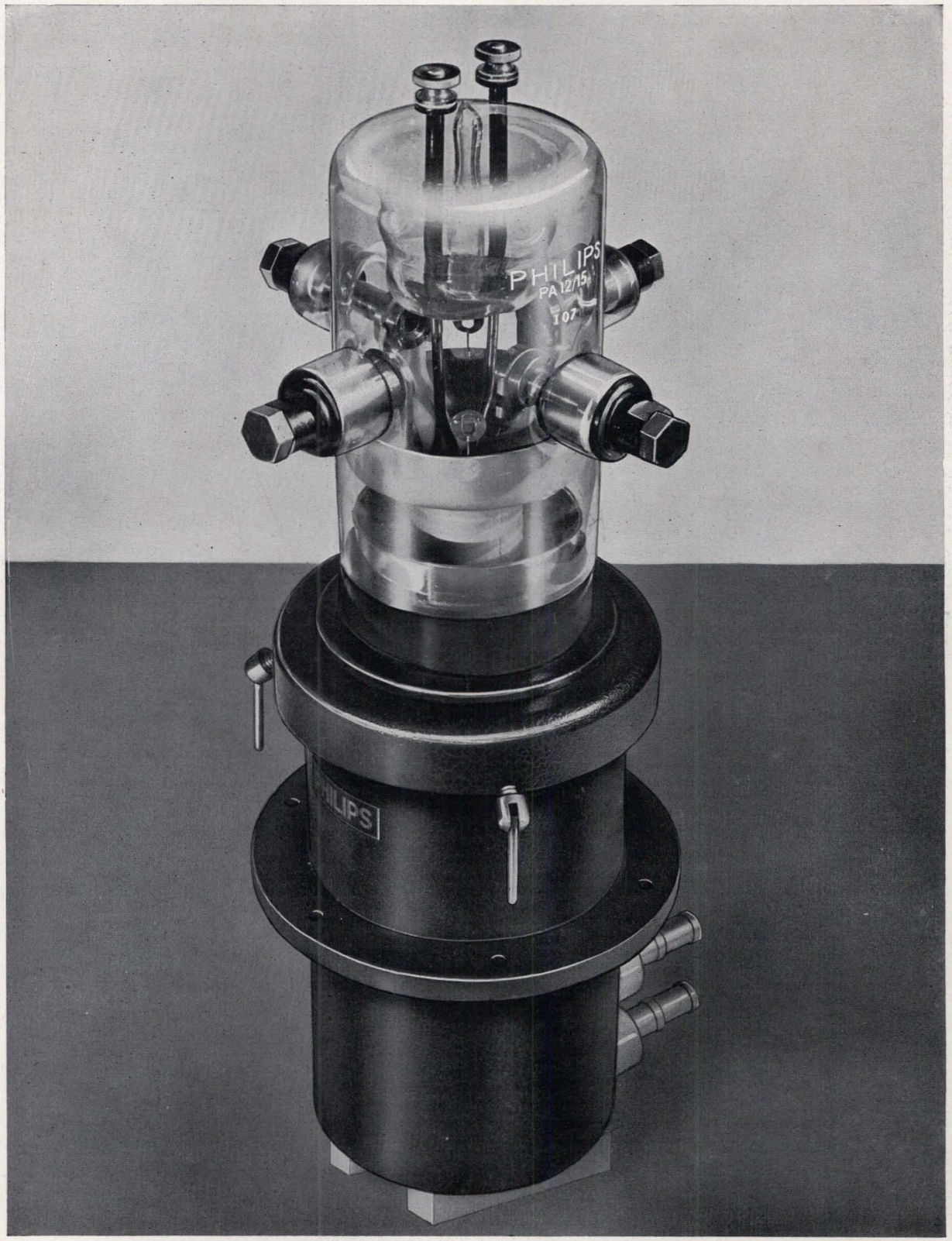


Fig. 10. De zendpenthode PA 12/15 is voorzien van een wolfraamkathode en wordt door water gekoeld. Zij kan ruim 15 kW afgeven en is ontworpen voor golflengten van ongeveer 6 m. Zij is speciaal zeer geschikt voor korte golf omroep- en telefoniestations en voor televisiezenders.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info

In alle gevallen wordt de lamp als klasse C-versterker gebruikt.

De voorwaarde, waaraan bij alle soorten van modulatie moet worden voldaan, is, dat er een rechtlijnig verband moet bestaan tusschen de antennestroom en de gelijkspanning van de electrode, waarop de modulatiespanning wordt gezet, omdat immers de modulatie onvervormd moet worden weergegeven. Uit de practijk is gebleken, dat bij de methoden 1), 2) en 5) deze lineariteit gemakkelijk kan worden verkregen, terwijl daaraan bij 3) en 4) moeilijker is te voldoen.

Bij modulatie in het vangrooster wordt gebruik gemaakt van de eigenschap, dat de anodestroom kleiner wordt naarmate het vangrooster aan een hoogere negatieve spanning wordt gelegd. De oorzaak is gelegen in de remmende werking, die het negatieve vangrooster uitoefent op de minder snelle electronen, zoodat alleen de snelle electronen naar de anode gaan.

Het is gebleken, dat het verband tusschen antennestroom en vangroosterspanning zeer behoorlijk lineair is, zoodat een goede modulatie mogelijk is. Als bijzonder voordeel van vangroostermodulatie moet worden genoemd het feit, dat geen modulatievermogen noodig is; immers, daar het vangrooster gedurende het moduleeren negatief blijft, is de stroom naar dit rooster nul. De modulator kan dus klein zijn, zelfs bij groote penthoden als bijv. PC 3/1000.

Eigenschappen van de Philips-zendpenthoden

De verschillende zendpenthoden, die door de Philipsfabrieken tot nu toe werden vervaardigd, zijn de volgende: PE 05/15, PC 05/15, PC 1/50, PE 1/80, PC 1,5/100, PC 3/1000 en PA 12/15 (*fig. 10*). Het afgegeven vermogen verloopt van 15 W bij de eerste tot ruim 15 kW bij de laatste lamp. Daarvan zijn PE 05/15 en PE 1/80 uitgerust met een indirect verhitte kathode; PA 12/15 met een wolfraam-kathode en de overige met een direct verhitte oxyd-kathode. PA 12/15 is watergekoeld.

Wij hebben vroeger gezien, dat de stuurroosterstroom zeer klein is, vergeleken met die van trioden, zoodat ook het excitatie-vermogen veel kleiner is.

Als voorbeeld volgt hieronder een vergelijking tusschen de triode TC 1/75 en de penthode PC 1,5/100. De gegevens hebben betrekking op de zg. telegrafie-instelling, waarbij dus de lampen hun maximaal vermogen afgeven.

		TC 1/75	PC 1,5/100
Anodespanning	V_a	1500 V	1500 V
Stuurroosterspanning	V_{g1}	—160 V	—200 V
Schermroosterspanning	V_{g2}	—	300 V
Vangroosterspanning	V_{g3}	—	0 V
Anodestroom	I_a	123 mA	145 mA
Stuurroosterstroom	I_{g1}	12 mA	3,5 mA
Schermroosterstroom	I_{g2}	—	50 mA
Excitatie-spanning	$V_{g1\sim}$	240 V	280 V
Excitatie-vermogen	P_{hf}	2,9 W	1,0 W
Opgenomen anode-vermogen	P_{ia}	185 W	218 W
Anode-dissipatie	P_a	70 W	77 W
Schermroosterdissipatie	P_{g2}	—	15 W
Afgegeven hoogfrequentvermogen	P_0	115 W	141 W
Anode-rendement	η_a	62,2 %	65 %
Verhouding $\frac{\text{afgegeven vermogen}}{\text{excitatie-vermogen}}$	$\frac{P_0}{P_{hf}}$	40	141
Capaciteit tusschen anode en stuurrooster	C_{ag1}	10,4 μμF	0,03 μμF

Uit het bovenstaande ziet men, dat de verhouding $\frac{\text{afgegeven vermogen}}{\text{excitatie-vermogen}}$ bij de penthode 141 is, en bij de triode 40; de penthode is dus belangrijk in het voordeel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

DE VERHOUDING VAN FORTISSIMO EN PIANISSIMO

door R. VERMEULEN.

Een belangrijke factor bij de reproductie van muziek is de weergave van de contrasten tusschen fortissimo en pianissimo, waaraan men wel de naam „dynamiek" geeft. Het is algemeen bekend, dat deze contrasten bij de reproductie geringer zijn dan in het origineel.

Het fortissimo wordt begrensd door het beperkte vermogen van de versterker en de luidspreker, doch deze begrenzing draagt geen principiëel karakter, omdat de hedendaagsche techniek dit vermogen zoover kan opvoeren, als in ieder speciaal geval economisch verantwoord is. Daarnaast bepalen echter de transmissie-organen de omvang van de weer te geven contrasten. Hierbij worden onder transmissie-organen niet alleen verstaan de kabels en de radioverbindingen, welke reproductie op een andere plaats mogelijk maken, doch evenzoo de gramofoonplaat, de geluidsfilm en de „Philimilband" [1]), welke de reproductie van muziek ook op andere tijden realiseeren. Al deze transmissie-organen bezitten een zekere maximaal toelaatbare modulatiediepte, of deze nu bepaald wordt door de storing op andere aders door het overspreken, zooals bij kabels, dan wel door de draaggolf bij de radio, door de onderlinge afstand van de groeven bij de gramofoonplaat, dan wel door de breedte en de optische doorlaatbaarheid van het geluidsspoor op de film. Deze maximale modulatie moet het fortissimo weergeven en hierbij zij opgemerkt, dat de werkelijke grootte van het maximale signaal, dat verkregen wordt, van ondergeschikt belang is, aangezien het door versterking tot ieder gewenscht peil is op te voeren. Op zichzelf vormt dus deze begrenzing aan de kant der fortissimo's geen beperking voor de „dynamiek".

Het blijkt echter, dat ook aan de andere kant, die der pianissimo's, een grens aanwezig is en dat het niet doenlijk is willekeurig kleine modulatiediepten te gebruiken. Deze grens wordt gevormd door de aanwezigheid van storingen, welke bij iedere transmissie optreden en welke men meestal met „ruischen" aanduidt. Deze storingen kunnen een zeer verschillende oorsprong hebben en zijn meestal zoo luttel, dat zij op het eerste gezicht verwaarloosd schijnen te mogen worden. De enorm groote verhouding van de maximale en minimale intensiteiten, welke door het oor kunnen worden waargenomen, maakt echter, dat ook zeer kleine storingen nog waarneembaar kunnen zijn. Bij de gramofoonplaat zijn de oneffenheden van het oppervlak, die submicroscopische afmetingen bezitten, de voornaamste bron van de storingen; bij de geluidsfilm de afzonderlijke zilverkorrels in de fotografische emulsie, benevens allerlei andere deeltjes op de film en beschadigingen van het oppervlak, welke de hoeveelheid doorgelaten licht beïnvloeden.

Indien de storingen zeer klein doch zeer talrijk zijn, zooals bijv. het geval is bij de oneffenheden van de gramofoongroef en de korrels in de fotografische emulsie, dan zullen deze bij de weergave zeer kortdurende impulsen geven, welke in willekeurige volgorde en aantal voorkomen. Het oor neemt dit waar als een ruischen van vrijwel constante sterkte en gelijkblijvend timbre, zonder bepaalde toonhoogte. Het mooiste voorbeeld hiervan is het hageleffect, dat reeds eerder in dit tijdschrift behandeld werd [2]).

Bij de „Philimilband" is dit „ruischen" in veel geringere mate aanwezig door de korrelvrijheid van de deklaag en de zindelijkheid van het verschgesneden oppervlak. Toch blijft ook hier nog een geruisch over. De afzonderlijke stofdeeltjes, welke overal aanwezig zijn, worden als een zwak „geprut-tel" hoorbaar en vormen een nieuwe, zij het lagere grens voor de weergave van zwakke geluiden.

Door de sterkte van het „gerucht", waaronder het geluid van alle soorten storingen, zoowel ruischen als pruttelen wordt verstaan, is ook vastgelegd de maximale verhouding van de fortissimo's tot de pianissimo's, welke nog ongestoord kunnen worden vertolkt. Dat deze te klein is om alle intensiteiten, door een groot symphonie-orkest geproduceerd, in proportie na te maken, is reeds vermeld. Het is de taak van het personeel, dat de potentiometers van de microfoons bedient, om de registratie binnen de gestelde grenzen te houden, zonder nochtans aan het effect groote afbreuk te doen. Daartoe wordt getracht de crescendo's en decrescendo's onveranderd te laten en slechts in de meer constante gedeelten zeer langzaam bij te regelen. Aan de hand van de partituur wordt nagegaan, waar groote variaties in sterkte verwacht moeten worden en waar zonder bezwaar geregeld mag worden en hiervan in de partituur aanteekening gemaakt.

Als een voorbeeld van de intensiteitsverhoudingen, welke normaal voorkomen, zijn hierbij weergegeven

[1]) Zie Philips techn. T. **1**, 107, 135, 211 en 230, 1936.

[2]) M. Ziegler, De oorzaken van het ruischen in versterkers, Philips techn. T. **2**, 136. 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

registraties van de geluidsintensiteit in de zaal van de Philips-Schouwburg te Eindhoven tijdens een concert van het Concertgebouworkest onder leiding van prof. dr. Willem Mengelberg. aan de daardoor gestelde grenzen van de modulatie.

Fig. 1, afgedrukt op blz. 268, is het begin van het eerste deel van de 6e Symphonie van Tschaikowsky, opus 74. De bovenste strook

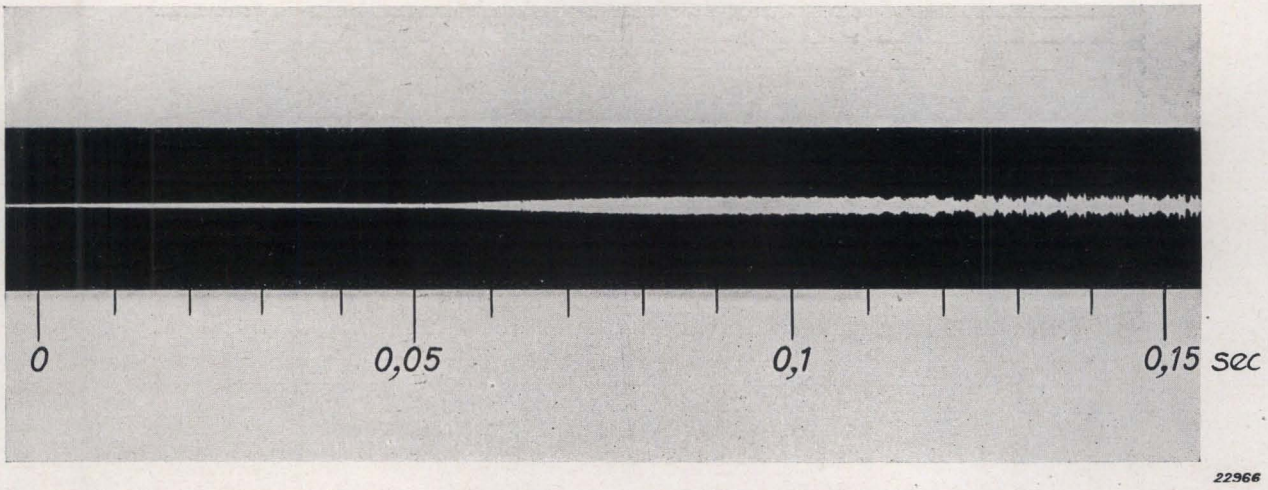


Fig. 2. Registratie van maat 160/161, waar de intensiteit plotseling sterk toeneemt, op het „Philimilband". De strook is drievoudig vergroot, de figuur omvat slechts 0,15 sec. Eén der instrumenten zet blijkbaar 0,05 sec. vóór de overigen in.

Deze registraties werden verkregen door het geluid op te vangen met een microfoon, waarvan de afgegeven wisselspanningen na versterking gemeten werden met een registreerende voltmeter geeft de opname in de zaal. Het begin op een peil van 35 db is het rumoer in de zaal aan het einde van de pauze; het zakt langzaam af, als het publiek gezeten is. Bij het binnentreden

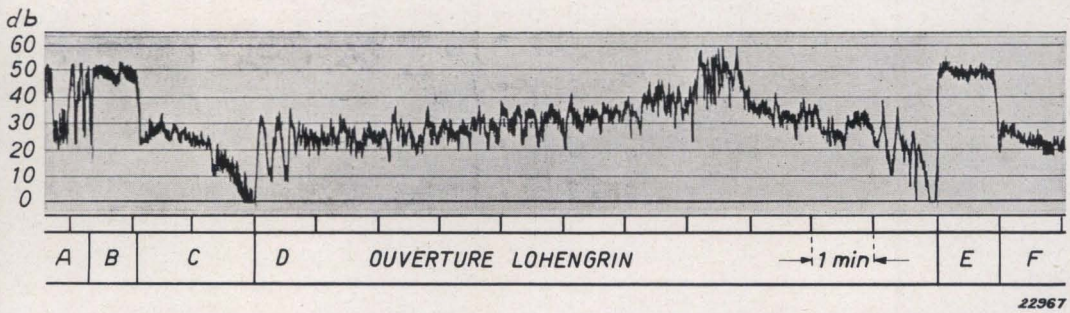


Fig. 3. Ouverture Lohengrin. Richard Wagner. Uitgevoerd door het Concertgebouworkest onder leiding van prof. dr. Willem Mengelberg in de Philips-Schouwburg te Eindhoven. De letters beduiden:
A Slotaccoorden van de 8e Symphonie van Beethoven, welke hieraan voorafging.
B Applaus. Hierin is ook de terugkomst van den dirigent te zien als een weer opleven van de sterkte van het applaus.
C Zaalrumoer tusschen de beide muziekstukken. Tegen het begin van de Ouverture wordt de zaal weer stil.
D Uitvoering Ouverture Lohengrin. Duidelijk te onderscheiden zijn de beginaccoorden, het hoogtepunt in de 54e maat en de slotaccoorden. Het slot sterft *pp* weg, waarbij uiteindelijk nog slechts vier violen spelen. De intensiteit valt hier beneden het meetbereik van het registratie-apparaat. De omvang van de intensiteit is hier dus grooter dan 60 db geweest.
E Applaus. Duur 1 minuut.
F Zaalrumoer in de pauze. Daar het publiek de zaal verlaat, wordt dit langzamerhand minder.

met logarithmische schaal. De versterking werd uit den aard der zaak eens voor al ingesteld en tijdens de meting niet gewijzigd. Tegelijkertijd werd ook een opname op „Philimilband" gemaakt, waarbij de versterking vanzelfsprekend op de reeds beschreven wijze aangepast werd van den dirigent wordt deze met een applaus van 55 db begroet gedurende 15 sec. Daarna wordt het snel rustig in de zaal, waarbij door hoesten nog sterke pieken optreden. De inzet van het Adagio geschiedt alleen door de contrabassi, welke *pp* spelen, waarna de fagotti met het thema inzetten

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

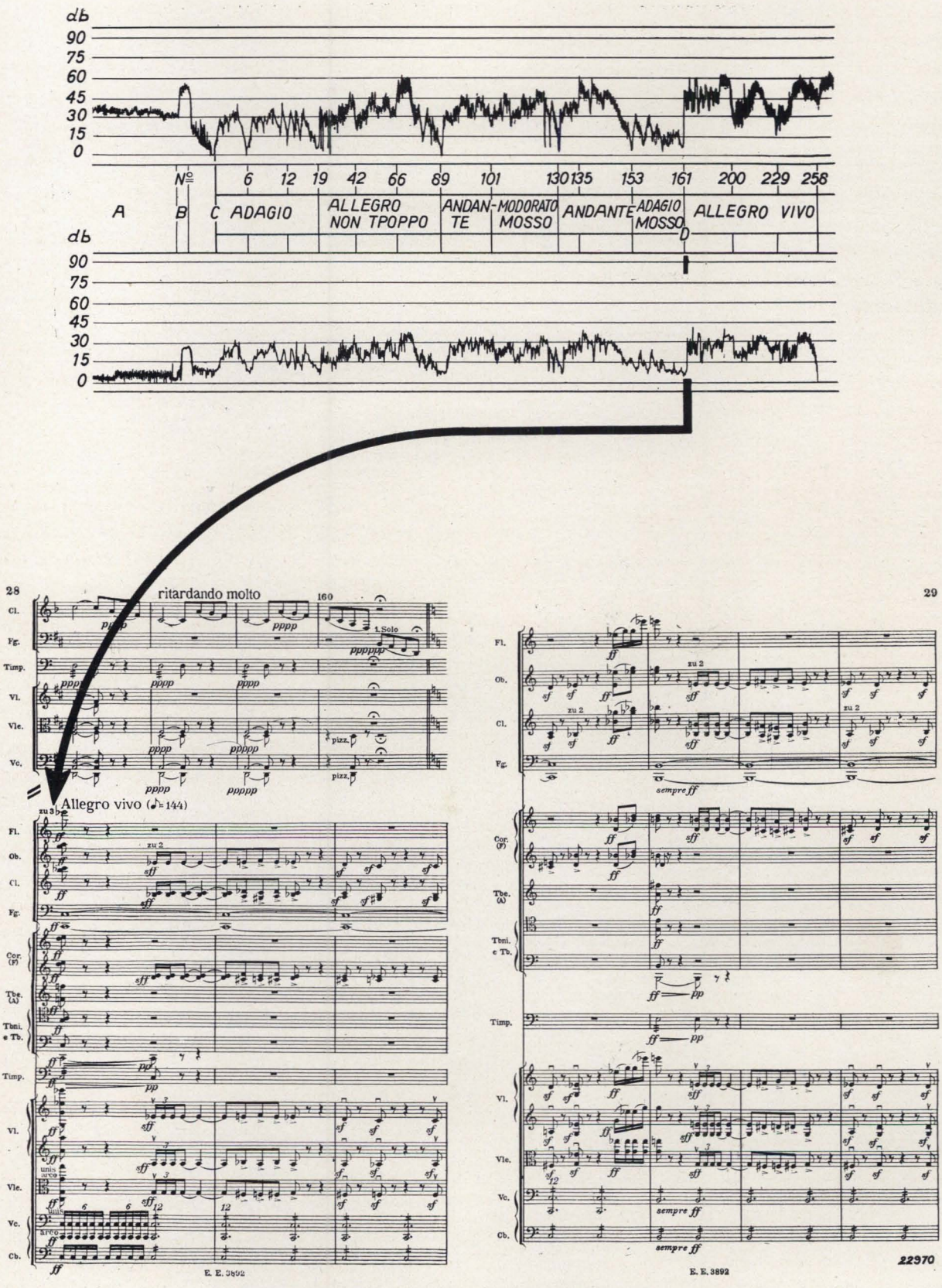


Fig. 1. Verklaring zie onderaan volgende blz.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

met sterke crescendo's en diminuendo's van bijna 15 db. Het is natuurlijk niet doenlijk hier verder het verloop van het muziekstuk te volgen; voor hen, die een partituur ter beschikking hebben, zijn onder het diagram de maten van enkele karakteristieke punten aangegeven. Het scherpste contrast wordt bereikt bij de *ff* inzet van het Allegro vivo in maat 161, na een in de partituur met *pppppp* aangegeven point d'orgue van de eerste fagot. Het intensiteitsverschil bedraagt 45 db en ter illustratie is in de figuur opgenomen de hierop betrekking hebbende bladzijde van de partituur, waarop men met een pijl deze gevaarlijke plaats gemerkt vindt. *Fig. 2* geeft het stuk van de „Philimilband" waarop dit moment geregistreerd is, in drievoudige vergrooting weer.

Onder de registratie van de intensiteit in de zaal is afgedrukt de registratie, welke de volgende dag gemaakt is van de spanning achter de fotocelversterker van het Philips-Miller-weergaveapparaat. Daarin komt dus tot uiting, welke invloed de bediening van de potentiometers heeft gehad. Opvallend is direct, dat het verschil tusschen maximale en minimale intensiteit minder is geworden, dat vooral de uiterste maxima lager zijn geworden en de minima niet zoo diep kunnen zakken, omdat deze steeds door het gerucht begrensd worden. Het begin geeft het gerucht van de „Philimilband", doch na $^1/_2$ min wordt de potentiometer opengedraaid en het zaalrumoer op een laag niveau opgenomen. Even vóór het begroetingsapplaus wordt de potentiometer neergedraaid om het contrast van het applaus te kunnen verwerken. Tijdens de stilte voor de inzet wordt de versterking weer opgevoerd, enz. enz. Uit deze metingen blijkt, dat het verschil in sterkte ongeveer 55 db bedraagt, waarbij natuurlijk de plaatsen, waar het orkest geheel zwijgt (bijv. maat 6 en maat 89) niet meegerekend mogen worden. Bij de „Philimilband" is dit verschil teruggebracht tot 38 db, waarbij men echter veiligheidshalve nergens tot aan de uiterste grenzen der modulatie is gegaan.

In *fig. 3* is een andere registratie uit hetzelfde concert weergegeven, waarin de geheele „Ouverture Lohengrin" van Richard Wagner voorkomt. Voor de verdere toelichting zij naar de figuur zelf verwezen.

Het is interessant te zien, hoe ondanks de elkaar opvolgende crescendi en decrescendi gemiddeld het intensiteitspeil langzaam stijgt tot een climax en daarna weer geleidelijk zakt.

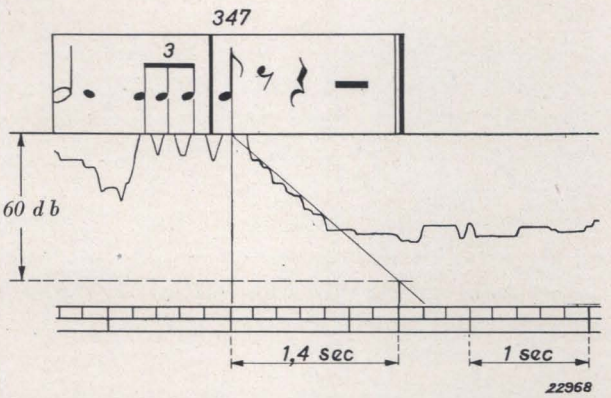


Fig. 4. Nagalmmeting. De tijdschaal is in deze figuur ca.twaalf maal zoo groot als in fig. 3. De opname is geschied tijdens het slot van het 3e deel van de 6e Symphonie van Tschaikowsky. Aan de bovenzijde is de intensiteit grooter geworden dan door het apparaat kon worden geregistreerd. Duidelijk zijn echter de afzonderlijke tonen te onderscheiden; ter verduidelijking is het rythme van de laatste twee maten boven de figuur aangegeven.

Na het laatste accoord sterft het geluid in de zaal weg tot op het zaalrumoer na. Hoewel hierin onregelmatigheden optreden, welke door de interferenties van de verschillende reflecties ontstaan, is toch gemakkelijk een gemiddelde rechte lijn te construeeren. Eenvoudig is af te lezen, dat de snelheid van uitsterven van het geluid 60 db in 1,4 sec bedraagt, zoodat de gemiddelde nagalmtijd van de zaal 1,4 sec is.

Fig. 4 geeft een detail met sterk vergroote tijdschaal van het slot van het 3e deel van de reeds genoemde Symphonie van Tschaikowsky. Het orkest breekt hier plotseling met een fortissimo af, waarna het geluid door de nagalm in de zaal geleidelijk uitsterft. Langs deze weg [3]) kan men de gemiddelde nagalm bepalen van een zaal, terwijl deze op normale wijze geheel met publiek gevuld is, zonder daarbij het publiek te hinderen met fluit- of andere geluiden.

[3]) Deze methode is het eerst toegepast door E. Meyer en V. Jordan: E.N.T. **12**, 213, 1935.

Verklaring van fig. 1

6e Symphonie. Ie deel. P. Tschaikowsky. Opus 74. Uitgevoerd door het Concertgebouworkest onder leiding van prof. dr. Willem Mengelberg in de Philips-Schouwburg te Eindhoven. Het nulpeil van de registraties is willekeurig, zoodat alleen intensiteitsverschillen afgelezen kunnen worden, het absolute peil is onbekend. De tijdschaal is dezelfde als in fig. 3: 8 mm = 1 min.

De bovenste strook geeft de registratie van de geluidsintensiteit in de zaal. De cijfers daaronder de nummers van de maten, van karakteristieke punten. De letters daaronder beduiden:

A Lawaai tijdens de pauze.
B Applaus bij binnenkomst van den dirigent.
C Begin muziek.
D Inzet van Allegro vivo met het grootste voorkomende contrast.

Verder zijn aangegeven de tempi van de verschillende deelen. De volgende strook geeft de registratie van hetzelfde muziekstuk bij weergave over de Philips-Miller-apparatuur. Daaronder de partituur, waarin met een pijl het oogenblik is gekenmerkt, dat in de registraties met *D* is aangegeven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

EEN EENVOUDIGE ELECTRISCHE MEETBRUG

Samenvatting. Beschreven worden de inrichting en de toepassingsmogelijkheden van een eenvoudige electrische meetbrug voor wisselstroom, de „Philoscoop" Type G.M. 4140. Het aanwijsinstrument bestaat uit een penthode met een eenvoudige kathodestraallamp. Men kan er weerstanden van 0,1 Ω tot 10 MΩ, capaciteiten van 1 μμF tot 10 μF en ook zelfinducties of samengestelde impedanties mede bepalen. Daarnaast is het apparaat ook bruikbaar voor andere doeleinden, zooals het opsporen van storingen en isolatiefouten en de bepaling van kleine spanningen.

Inleiding

Veelvuldig bestaat de behoefte aan een eenvoudige meetinrichting, die het mogelijk maakt om vlug en met voldoende nauwkeurigheid weerstanden, capaciteiten en zelfinducties te meten. Het toestel, dat beschreven zal worden, is een brug van Wheatstone, die op het wisselstroomnet wordt aangesloten en die is ingericht voor het direct meten van weerstanden tusschen 0,1 Ω en 10 MΩ en van capaciteiten tusschen 1 μμF en 10 μF. De verhouding van de grootste en de kleinste waarde die ermede bepaald kan worden is dus voor de weerstanden $10^8 : 1$ en voor de capaciteiten $10^7 : 1$. Daarnaast is het mogelijk, indien men beschikt over normalen van weerstand, capaciteit en zelfinductie of combinaties hiervan, deze uitwendig aan de brug te verbinden en zoo allerlei vergelijkende metingen in brugschakeling uit te voeren.

Bij het ontwerpen was een veelomvattend toepassingsgebied meer dan een groote nauwkeurigheid het uitgangspunt. Gemiddeld is de nauwkeurigheid voor directe aflezing dan ook niet veel beter dan 1 %. Voor de bedoelde vergelijkende metingen is ze evenwel 1 ‰. Deze betrekkelijk geringe nauwkeurigheid wordt echter ruimschoots goed gemaakt door de mogelijkheid vlug te kunnen werken, zoowel in de gebieden van groote als kleine waarden, alsook door het feit, dat er geen batterijen noodig zijn, omdat het apparaat op het net wordt aangesloten.

De gevoeligheid van de meetbrug

Een van de belangrijkste bijzonderheden is het indicatie-instrument. Dit heeft een zeer hooge impedantie en gebruikt daardoor bijna geen stroom. Tengevolge hiervan is de „gevoeligheid" van de meting, waarmede bedoeld wordt de aanwijzing van het indicatie-instrument, wanneer het contact op de sleepdraad een bepaalde afstand uit de evenwichtsstand gebracht wordt, onafhankelijk ervan of men groote dan wel kleine weerstanden meet. Gewoonlijk is dit anders en heeft het indicatie-instrument, de galvanometer, een weerstand, die meestal niet grooter is dan de brugweerstanden; daardoor wordt dan de gevoeligheid bij het meten van hooge weerstandswaarden veel kleiner.

Om dit nader toe te lichten is in *fig. 1* het principeschema van de brug van Wheatstone weergegeven. Indien het potentiaalverschil tusschen P en Q gelijk is aan $V_P - V_Q$, dan kan men met behulp van de wetten van Kirchhoff, die aangeven, dat in elk vertakkingspunt van een net de som van de stroomsterkten nul is en dat tevens in elke gesloten kring de som van de producten der stroomsterkten met de weerstanden gelijk is aan de som van de electromotorische krachten, berekenen dat:

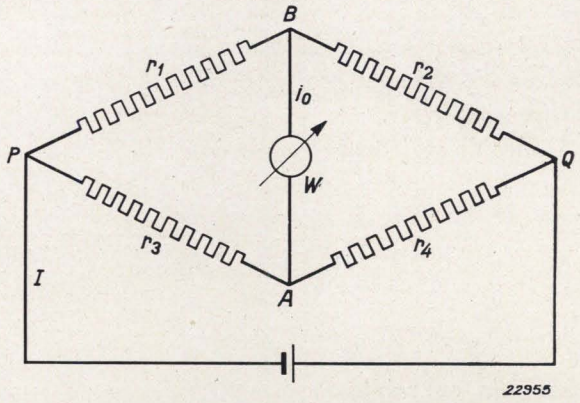


Fig. 1. Principeschema van de brug van Wheatstone. $r_1 \ldots r_4$ zijn de brugweerstanden. w is de weerstand in de galvanometerleiding.

$$V_A - V_B = \frac{(V_P - V_Q)\, w\, (r_2 r_3 - r_1 r_4)}{w\,(r_1 + r_2)(r_3 + r_4) + r_1 r_2 (r_3 + r_4) + r_3 r_4 (r_1 + r_2)}.$$

De brug is in „evenwicht", als $r_2 r_3 - r_1 r_4 = 0$, het spanningsverschil $V_A - V_B$ is dan nul. Meestal, ook hier, zijn twee der brugweerstanden, die in serie liggen bijv. r_1 en r_2 uitgevoerd als één sleepdraad; hun som is dus constant, door verschuiving van het contactpunt B langs de draad, wordt echter hun onderlinge verhouding gewijzigd, totdat $V_A - V_B = 0$. r_4 is dan de gevraagde en r_3 de bekende weerstand, en in het evenwicht is:

$$r_4 = r_3 \cdot \frac{r_2}{r_1}.$$

Wordt nu de brug uit het evenwicht gebracht door r_1 met een klein bedrag Δr te vergrooten en dus tegelijkertijd r_2 met Δr te verminderen, dan

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

is de verandering in de spanning tusschen A en B:

$$\Delta (V_A - V_B) = - \frac{(V_P - V_Q)\,\Delta r}{r_1 + r_2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \cdot \frac{1}{w} + \frac{r_3 r_4}{r_3 + r_4} \cdot \frac{1}{w}}.$$

De weerstand van de sleepdraad $r_1 + r_2$ is gewoonlijk klein in vergelijking met de weerstand w van de galvanometer, die gebruikt wordt om vast te stellen of de brugstroom nul is. Moderne galvanometers zijn weliswaar meestal draaispoelinstrumenten met een weerstand van hoogstens 1000 ohm, maar de weerstand van de sleepdraad is gewoonlijk aanzienlijk lager, zoodat $\frac{r_1 r_2}{w (r_1 + r_2)}$ klein en ten opzichte van 1 te verwaarloozen is. Het is echter duidelijk, dat de andere term in de noemer $\frac{r_3 r_4}{(r_3 + r_4) w}$, vooral bij het meten van groote weerstanden, niet verwaarloosd mag worden en zelfs de gevoeligheid in dit geval bepaalt.

Bij het in de beschreven brug gebruikte indicatie-instrument is w zeer groot, grooter dan de grootste te meten weerstanden, zoodat ook de laatste term in de noemer verwaarloosd kan worden. $\Delta(V_A - V_B)$, waarmede de aanwijzing evenredig is, wordt dan:

$$\Delta (V_A - V_B) = - \frac{(V_P - V_Q)\,\Delta r}{r_1 + r_2},$$

dus constant en onafhankelijk van de waarden van de weerstand, die men meet. De groote weerstand in verband met een voldoende spanningsgevoeligheid van het bruginstrument werd hier verwezenlijkt door de punten A en B te verbinden met de kathode en het rooster van een versterkerlamp, zooals bij de behandeling van het aanwijsinstrument zal worden beschreven.

De brug

Meet men weerstanden van 0,1 Ω en 10^6 Ω op dezelfde brug met één enkele standaardweerstand, van bijvoorbeeld 1000 Ω, door de verhouding van de stukken van de sleepdraad te wijzigen, dan is deze verhouding voor 0,1 Ω klein en voor 10^6 Ω groot. Deze grootste en kleinste verhouding worden dan echter onnauwkeurig bepaald. Bij eenzelfde absolute afleesnauwkeurigheid voor beide stukken is de procentueele nauwkeurigheid, waarmede het kleinste stuk bepaald kan worden, veel minder dan voor het grootste. Daarom is een te groote en een te kleine verhouding ongewenscht. Doelmatig wordt de sleepdraad slechts gebruikt voor verhoudingen van 0,1 tot 10. In werkelijkheid is dit zoo uitgevoerd, dat in serie met de sleepdraad, die hier een waarde van 1000 ohm heeft, aan beide zijden weerstanden R zijn geschakeld, waarover niet kan worden geregeld. In de *fig. 2* is dit schematisch weergegeven. De

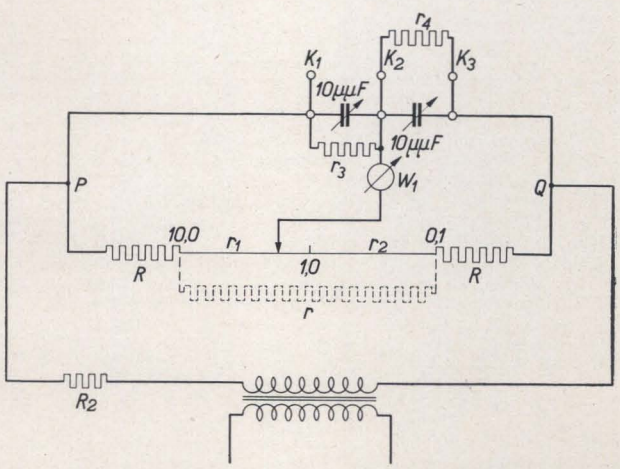


Fig. 2. Inrichting van de brug met sleepdraad in plaats van de weerstanden r_1 en r_2. De te meten weerstanden worden tusschen K_2 en K_3 aangesloten. De twee weerstanden R in serie met de sleepdraad begrenzen de verhouding van de sleepdraadstukken van 0,1 tot 10. Door r te shunten aan de sleepdraad, kan deze verhouding ter verhooging van de nauwkeurigheid teruggebracht worden van 0,8 tot 1,25 (procentenschaal). De regelbare capaciteiten tusschen K_1 - K_2 en K_2 - K_3 dienen om de bedradingscapaciteit op 10 μμF af te stellen. De voedingswikkeling voor de brug op de transformator en de serieweerstand R_2 voor de beveiliging ervan zijn aangegeven.

weerstand $r_1 + r_2$ van de sleepdraad en de serieweerstanden R zijn zoo gekozen, dat $\frac{R}{r_1 + r_2 + R} = 0{,}1$. Weerstanden, die kleiner zijn dan 0,1 r_3 of grooter dan 10 r_3 kan men in deze opstelling niet meten. Voor r_3 zijn daarom in de brug vier weerstanden ingebouwd, telkens opklimmende in de verhouding 1 : 100. Zoo wordt het geheele gebied van 0,1 Ω tot 10 MΩ door deze vier meetgebieden bestreken. Voor het overgaan van het eene meetgebied op een ander dient de knop A_1 (zie *fig. 3*), die in 10 verschillende standen gedraaid kan worden, waarvan er vier voor het meten van weerstanden dienen (*fig. 4*). De stand van het contact van de sleepdraad wordt op de buitenomtrek van een cirkelvormige schaal R_1 (fig. 3) ingesteld en afgelezen. De cirkel van deze schaal is daartoe verdeeld van 0,1 tot 10,0; het punt 1, waarbij $r_1 = r_2$, ligt in het midden. Het verloop van de schaal is zoo uitgevoerd, dat de waarde van haar aflezing de verhouding $(r_1 + R) : (r_2 + R)$ geeft.

Na het voorgaande is het duidelijk, dat men grootere nauwkeurigheid kan bereiken, indien men

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

zich in de verhouding $(r_1+R):(r_2+R)$ niet slechts beperkt tot waarden van 0,1 tot 10, maar deze grenzen nog nauwer legt. Daartoe kan met behulp van een van de standen van A_1 parallel aan de sleepdraad

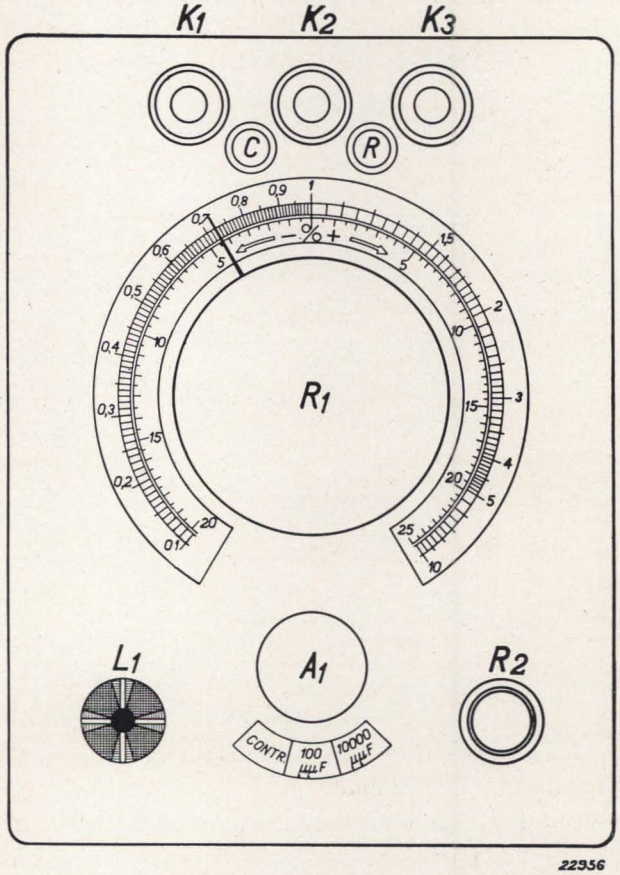


Fig. 3. Teekening van de bovenzijde van het apparaat. De schaalverdeeling R_1 in procenten en in een decimale schaal van 0,1 tot 10 is hierop zichtbaar. De knop A_1 dient voor de keuze uit tien verschillende brugstanden (zie fig. 4). Door een venster kijkt men op het indicatorkruis van L_1. R_2 regelt met de roosterlekweerstand van de indicatielamp de gevoeligheid. K_1, K_2 en K_3 zijn aansluitklemmen voor weerstanden R en capaciteiten C. De aardaansluiting bevindt zich onzichtbaar op een van de zijwanden.

een weerstand r gelegd worden. In fig. 2 is deze parallelweerstand gestippeld aangegeven. Tusschen de eindpunten van het stuk van de sleepdraad, waarover geregeld kan worden, ligt dan de weerstand $\frac{(r_1+r_2)\,r}{r+r_1+r_2} < r_1+r_2$ De weerstand r is zoo gekozen, dat de draaiing van knop R_1 over de geheele schaal dan overeenkomt met een verhouding van 0,8 tot 1,25.

Men gebruikt deze grootere nauwkeurigheid voor de bepaling van de afwijking in procenten van een standaardwaarde met andere, die een waarde hebben nagenoeg gelijk aan die van de standaard. De bij deze schakeling behoorende schaalverdeeling is op de binnenkant van de schaalcirkel in procenten aangegeven (zie fig. 3). De brugschakeling bevat in dit geval geen standaardweerstand, deze moet evenals de onbekende weerstand uitwendig worden aangesloten, we noemen deze stand de open brugstand.

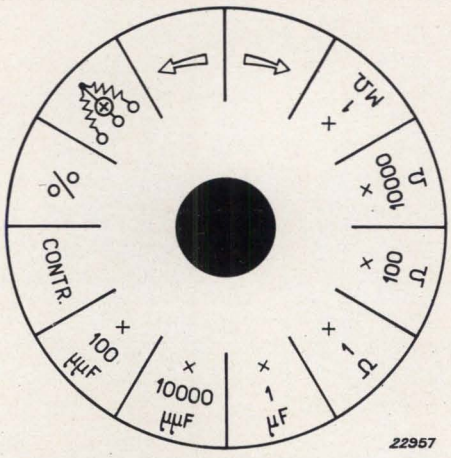


Fig. 4. Schaal A_1, die samen met de knop draait.

Een andere stand van A_1 schakelt twee nauwkeurig gelijke weerstanden inplaats van r_3 en r_4 in de brug. Bij deze contrôlestand staat dan in brugevenwicht R_1 op 1,0. Is dit niet zoo, dan kan worden bijgeregeld door R_1 t.o.v. de as, waarop ze is bevestigd, iets te draaien en weer vast te zetten. Dit herjusteeren van de brug zal echter slechts zelden noodig zijn.

Doordat de brug op wisselstroom aangesloten wordt, is ze ook bruikbaar voor *capaciteitsmetingen*. r_3 en r_4 worden daartoe door capaciteiten C_3 en C_4 vervangen. De wisselstroomweerstand van een capaciteit C is $1/j\,\omega\,C$ en de evenwichtsvoorwaarde voor de brug voor weerstanden: $r_2\,r_3 - r_1\,r_4 = 0$ wordt dus: $r_2\,C_4 - r_1\,C_3 = 0$ of $C_3 = r_2/r_1\,C_4$. Om dezelfde schaalindeeling, die bij de weerstandsmeting dienst doet, te kunnen gebruiken, wordt de standaardcapaciteit op de plaats van de te meten weerstand geschakeld en omgekeerd.

Voor de capaciteitsmetingen legt de knop A_1 door een drietal verdere standen, naar keuze één van drie capaciteiten, die zich verhouden als $1:10^2:10^4$, in de brug op de plaats van r_4. De te meten capaciteit wordt aangesloten op de twee knoppen K_1 en K_2, die in de brug voeren naar de plaats, waar r_3 bij de weerstandsmetingen lag.

Indien de capaciteit, die gemeten wordt, niet een zuivere capaciteit is, zijn de stroomen in C_3 en C_4 ten opzichte van elkaar in phase verschoven. In het algemeen is trouwens de phasedraaiing van de spanning ten opzichte van de stroom bij condensatoren tengevolge van diëlectrische verliezen niet nauwkeurig — 90° en bij weerstanden tengevolge van hun capaciteit of zelfinductie niet precies 0°. De

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

voorwaarde $r_2 C_4 - r_1 C_3 = 0$ is dan niet voldoende, daarnaast is noodig, dat tusschen de phasehoeken der vier takken van de wisselstroombrug de betrekking $\varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_3 - \varphi_4$ bestaat, indien φ_1 en φ_2 de phasehoeken van r_1 en r_2, φ_3 en φ_4 die van C_3 en C_4 voorstellen.

Men ziet dit in, als men schrijft:

$$r_1 = r_{10}\, e^{-i\varphi_1};\ r_2 = r_{20}\, e^{-i\varphi_2};\ r_3 = r_{30}\, e^{-i\varphi_3}$$
$$\text{en } r_4 = r_{40}\, e^{-i\varphi_4};$$

waarbij dan $r_{10} \ldots r_{40}$ de wisselstroomweerstanden van $r_1 \ldots r_4$ en $\varphi_1 \ldots \varphi_4$ de phasehoeken zijn. Aan de evenwichtsvoorwaarde voor de brug $r_1 r_4 - r_2 r_3$, of:

$$r_{10}\, r_{40}\, e^{-i(\varphi_1 + \varphi_4)} = r_{20}\, r_{30}\, e^{-i(\varphi_2 + \varphi_3)},$$

is dan voldaan, indien:

$$r_{10}\, r_{40} - r_{20}\, r_{30} = 0$$
$$\text{en } \varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_3 - \varphi_4.$$

Tusschen weerstands- en capaciteitsmeting bestaat nog een verschilpunt door de capaciteit van de bedrading van de brug. Deze capaciteiten, die bij het meten parallel aan de standaard- en te meten capaciteit liggen, zijn door regelbare kleine condensatoren tusschen de aansluitknoppen op 10 µµF afgeregeld. Bij het ijken van de vergelijkingscapaciteit is daarmede rekening te houden; het bedrag van 10 µµF moet daarom steeds van de gevonden uitkomst worden afgetrokken.

Van deze bedradingscapaciteit is nog een nuttig gebruik gemaakt voor het meten van kleine capaciteiten van 0 - 90 µµF. In de bovengenoemde open brugstand zal R_1 bij brugevenwicht, indien op de brug geen weerstanden zijn aangesloten, op punt 1 van schaal R_1 staan. De belasting in beide takken is dan 10 µµF. Een te meten condensator C_x geeft dan bij meting voor C_3 de waarde 10 µµF + C_x. De grenzen, waartusschen men C_x zoo kan meten, zijn bepaald door: 10 µµF < 10 µµF + C_x < 100 µµF. Het zoo verkregen meetbereik tusschen 0 en 90 µµF gebruikt dan alleen het rechter gedeelte van de schaal.

Het aanwijsinstrument

Door het aanwijsinstrument verschilt de meetinrichting van andere gangbare uitvoeringen van de brug van Wheatstone. Zooals reeds in de inleiding werd uiteengezet, werd hier in plaats van een galvanometer of een telefoon een versterkerlamp toegepast en wel de penthode type EF 6 (L_2 in *fig. 5*). De hierdoor versterkte spanning wordt met de kathodestraallamp L_1 aangegeven. De brugspanning tusschen A en B in fig. 1 ligt tusschen de kathode en het eerste rooster van de penthode. Samen vormen deze penthode en de kathodestraallamp het aanwijs-

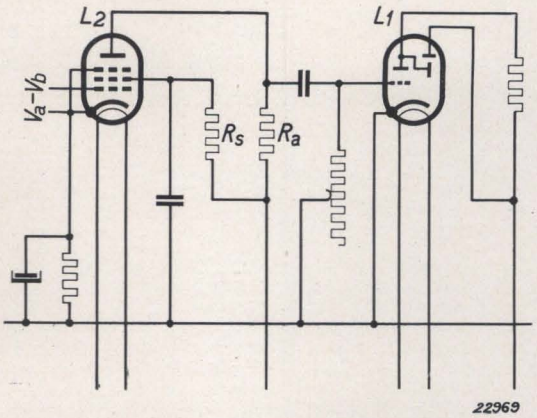


Fig. 5. Schakelschema van de kathodestraallamp L_1 met de penthode L_2, die als versterker dient. Bij V_a - V_b is de brugspanning tusschen A en B (zie fig. 1) aangesloten. R_s geeft de schermroosterspanning voor de penthode. R_a is de anodeweerstand in de anodekring van de penthode.

instrument. De ingangsimpedantie van de penthode ligt daarbij in de brug. Deze is bepaald door:

$$C_g = C_{kg} + C_{ag} \cdot \frac{gR_u}{R_i + R_u};$$

R_i en R_u zijn de inwendige en uitwendige weerstand van de penthode, g de versterkingsfactor C_{kg} en C_{ag} de rooster-kathode- en de rooster-anodecapaciteit. Zoodoende is C_g omstreeks 5 µµF en $1/\omega\, C_g$, de ingangsimpedantie bij voeding uit het net, ruim 10^8 ohm. Inderdaad kan men dus zeggen, dat het instrument een voldoend hooge inwendige weerstand heeft om aan de voorwaarden, die in de inleiding genoemd werden, te voldoen.

Voor de koppeling van penthode en kathodestraallamp zijn op de gebruikelijke wijze weerstanden gebezigd met een scheidingscondensator. Op enkele details en de werkwijze van de lamp willen we nader ingaan.

Van een verticale indirect verhitte kathode (*fig. 6*) gaan electronen uit. Op de gewone wijze kan de grootte van deze electronenstroom gevarieerd worden door een rooster, dat hier echter slechts het onderste gedeelte van de kathode concentrisch omgeeft. Het aldus regelbare gedeelte van de stroom valt op een anode, die van gelijke lengte als dit, het rooster concentrisch omgeeft. Met deze anode is een weerstand van 2 MΩ verbonden, waarvan het andere einde een constante spanning uit de voeding krijgt. Een variatie van de spanning tusschen de kathode en het rooster geeft daardoor een variatie van het spanningsverlies aan deze weerstand.

Rondom het andere bovenste deel van de kathode ligt een tweede anode. Deze heeft de vorm van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

een op zijn punt staand naar boven open afgeknot kegelvlak. De as van deze kegel valt met die van de kathode samen. Van boven gezien kijkt men dus in de binnenzijde van de kegel, die met een stof bedekt is, welke door de er op vallende electronen fluoresceert. Deze kegel is buiten de

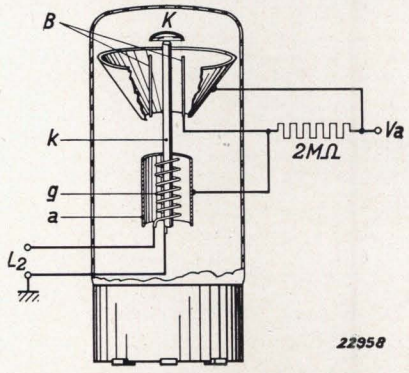


Fig. 6. Schematische teekening van de bouw van de kathodestraallamp. k gemeenschappelijke kathode van triode (onder) en indicator (boven). a en g anode en rooster van de triode. L_2 aansluiting op de penthode. R draden wier potentiaal de veldverdeeling tusschen kathode en kegel beinvloedt. Het kruis ontstaat door fluorescentie op de binnenzijde van de kegel. K kapje voor afscherming van het directe kathodelicht. De vier draden B, waarvan één paar geteekend is, zijn binnen de lamp verbonden met a, de anode van het triodegedeelte. Het spanningsverlies aan de weerstand van 2 MΩ bepaalt de spanning van de draden B.

lamp rechtstreeks verbonden met de voeding van de anode van het eerste deel, dus achter de weerstand van 2 MΩ. In het veld tusschen kathode en kegel zijn vier verticale draden, symmetrisch op een cirkel om de kathode gemonteerd, waarvan men er twee (B) in de fig. 6 ziet. Ze zijn binnen de lamp aangesloten op de anodeleiding van het eerste deel en wel vóór de weerstand van 2 MΩ. Deze vier draden storen regelbaar, door de spanning die er op komt, de veldverdeeling tusschen kathode en kegel.

Verandert men nu de spanning tusschen kathode en rooster van het eerste deel, door wijziging van de met behulp van L_2 versterkte brugspanning, dan geeft de daardoor gevarieerde anodestroom van het eerste, tevens onderste, gedeelte in de weerstand van 2 MΩ een gevarieerd spanningsverval. Hierdoor wordt mede de spanning op de spijlen veranderd, tengevolge waarvan de armen van het fluoresceerende kruis, dat in het algemeen door de beinvloeding van het veld met behulp van de spijlen op de binnenzijde van de kegel ontstaat, breeder of smaller worden. Over de gemiddelde breedte is dus een fluctueerend breeder en smaller worden gesuperponeerd, dat echter niet met het oog te volgen is, zoodat men altijd de maximale breedte van het lichtende kruis waarneemt. Deze breedte (de hoek Θ) is dus de aanwijzing van de indicator. Indien er geen spanning op de penthode staat, is deze hoek het kleinste. Men stelt dus steeds op minimale streepbreedte in, wanneer men de spanning aan de brug op nul wil regelen. De roosterweerstand van het indicatie-instrument is regelbaar. Hierdoor kan de gevoeligheid d.w.z. de verandering in Θ bij gegeven spanningsvariatie in de brug geregeld worden.

De voeding

De voeding van de brug, de levering van de anodespanningen en van de benoodigde gloeispanning voor de kathoden van penthode, kathodestraallamp en gelijkrichters, welke laatsten door dubbele gelijkrichting de anodespanningen leveren, wordt bewerkt met behulp van een transformator. Deze is daartoe op de gebruikelijke wijze van gescheiden secundaire wikkelingen voorzien. De anodewikkeling heeft een midden-aftakking. Een filter vereffent de anodespanning. Door een weerstand in de kathodeleiding wordt er voor gezorgd, dat het rooster van de penthode voldoende negatief ten opzichte van de kathode is. De spanning op de brug bedraagt 2 V. Een weerstand R (fig. 2) beschermt deze transformatorwikkeling tegen kortsluiting.

De voedingstransformator is door omschakeling voor twee spanningsgebieden 100 - 150 V of 170 - 230 V geschikt. Hoewel hoofdzakelijk gedacht is aan aansluiting op het net kan de transformator tusschen 40 en 10 000 Hz gebruikt worden.

De uitvoering van metingen

Men kan met het beschreven instrument, waarvan *fig.* 7 de afwerking doet zien, velerlei metingen

Fig. 7. Uitwendige afwerking van de brug.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

uitvoeren. De eenvoudigste zijn de bepaling van weerstanden tusschen 0,1 Ω en 10 MΩ en capaciteiten tusschen 1 μμF en 10 μF. In beide gevallen wordt het meetbereik gekozen met behulp van de schakelaar A_1, waarmede de geschikte vergelijkingsweerstanden of -capaciteiten in de brug geschakeld kunnen worden. Na inschakeling van de waarde, die het te meten bedrag het meeste nabij komt, regelt men met de knop R_1 op minimale streepbreedte van de kathodestraallamp. Het product van de aflezing van R_1 en A_1 is de gezochte uitkomst. Opdat dit voor weerstanden en capaciteiten beide het geval is, wordt een te meten weerstand tusschen K_2 en K_3 en een capaciteit tusschen K_1 en K_2 aangesloten. Bij capaciteitsmetingen moet dan van de uitkomst steeds nog 10 μμF voor de bedrading worden afgetrokken.

Dikwijls worden in de practijk toleranties van een aantal weerstanden gevraagd. Het is daartoe gewenscht in procenten het verschil tusschen een weerstand, een capaciteit of een zelfinductie, die aan bepaalde eischen voldoet en andere die van dezelfde constructie zijn, te bepalen. Daarvoor dient de procentenschaal van R_1. Men stelt dan A_1 op de stand *2*, en schakelt in deze open brugstand, waarbij de weerstand *r* evenwijdig aan de sleepdraad is gelegd, het vergelijkingsexemplaar van de weerstand, de capaciteit of de zelfinductie tusschen K_1 en K_2 en de te vergelijken grootheid tusschen K_2 en K_3. Met R_1 wordt op brugevenwicht ingesteld en zoo kunnen verschillen van -20 tot $+25\,\%$ direct op de procentenschaal afgelezen worden.

Door stand *1* van knop A_1 kan men op soortgelijke wijze met behulp van een uitwendig aangesloten standaard *x* een weerstand, capaciteit of zelfinductie tusschen 1/10 *x* en 10 *x* bepalen. Ook deze stand van A_1 is een open brugstand, zonder dat de weerstand *r* aan de sleepdraad geshunt is. Hier worden dus eveneens de standaard en de grootheid, die bepaald moet worden, uitwendig aangesloten tusschen K_1-K_2 en K_2-K_3. De standaardwaarde vermenigvuldigd met de aflezing van R_1, waarbij er brugevenwicht is, geeft de gezochte waarde.

Door de verschillende brugstanden van A_1 heeft men dus de volgende mogelijkheden:

1) Open brug, verhouding der sleepdraadstukken van 0,1 tot 10. Te meten en te vergelijken grootheden uitwendig aangesloten.

2) Open brug, verhoogde nauwkeurigheid d.w.z. verhouding der sleepdraadstukken van 0,8 tot 1,25, procentenschaal, uitwendige aansluiting van standaard en te meten waarden.

3) Contrôlestand voor justeering van de brug.

4, 5 en 6) Capaciteitsmetingen van 10 μμF tot 10 μF met drie in de brug gemonteerde capaciteiten. De gevraagde capaciteit wordt uitwendig aangesloten.

7, 8, 9 en 10) weerstandsmetingen met vier in de brug gebouwde weerstanden. Meetbereik in vier trappen van 0,1 Ω tot 10 MΩ. De te meten weerstand wordt uitwendig aangesloten.

Tenslotte is de in het toestel ingebouwde versterker met kathodestraallamp als afzonderlijke spanningsaanwijzer te gebruiken. Daartoe sluit men de twee punten, die men op spanningsverschil wil onderzoeken, aan tusschen K_2 en de aardklem. De breedte van de indicatiestreep is dan een maat voor de aangelegde spanning. Zoo kan het toestel als storingszoeker gebruikt worden en er kan op dezelfde wijze eventueel de afgegeven spanning van versterkers of radiotoestellen mede worden gemeten. In *fig. 8* is daarvoor voor verschillende waarden van de roosterspanning van de kathodestraallamp de hoek Θ tusschen de begrenzingen van het kruis gegeven.

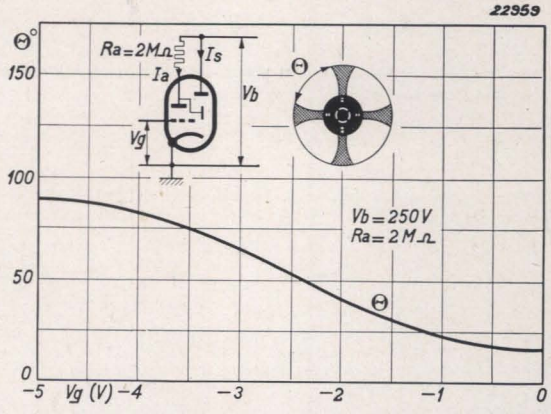


Fig. 8. Hoek Θ tusschen twee armen van het donkere kruis in afhankelijkheid van de spanning V_g tusschen kathode en rooster van het triodegedeelte van de kathodestraallamp. De grootste gevoeligheid is 25 graden per volt. Met 2000-voudige versterking van de penthode wordt de gevoeligheid van de combinatie L_1 en L_2 0,02 mV per graad.

Bewerkt door P. G. CATH.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

CORRESPONDEERENDE NETWERKEN MET EEN HOOGVERZADIGDE IJZERKERN IN HET BIJZONDER TOEGEPAST BIJ HET ONTWERPEN VAN STABILISATOREN [1])

door H. A. W. KLINKHAMER.

Samenvatting. Een methode wordt ontwikkeld, volgens welke men, zonder veel te rekenen en zonder veel proefmodellen te maken, electrische toestellen kan ontwerpen, waarvan de werking berust op de bijzondere vorm van de *BH*-kromme van het ijzer van een smoorspoel of transformator met gesloten magnetisch circuit.
Een karakteristiek of oscillogram, dat opgenomen is bij een enkel exemplaar van een dergelijke inrichting, kan uitsluitsel geven over het gedrag van een groot aantal andere gevallen, doordat die karakteristiek en dat oscillogram in andere schaal ook voor correspondeerende gevallen gelden.
Het bewijs is algemeen gehouden en betreft willekeurige netwerken, waarin behalve de bedoelde transformator slechts constante elementen voorkomen (weerstanden, capaciteiten, zelf- en wederzijdsche inductiecoëfficiënten, constanten van roteerende collectormachines en versterkerlampen). Ook mag het netwerk electrische ventielen bevatten. Men kan dus de werking van groote toestellen in het klein bestudeeren en kan daartoe met voordeel één enkele meetapparatuur inrichten, waarmee men dan constructies van de meest uiteenloopende soort kan onderzoeken.
Ter illustratie van deze algemeene beschouwingen wordt een stabilisator voor het vereffenen van netspanningsschommelingen besproken. Hiervoor worden enkele korte formules afgeleid, waarin men slechts de waarden van de verlangde in- en uitgangsspanning en stroomsterkte hoeft te zetten, om alle gewenschte constructiegegevens te vinden.

Inleiding

Inrichtingen, waarvan de werking berust op de afwijking van de lineariteit in het verband tusschen de magnetische inductie B en veldsterkte H van het ijzer, worden sinds het bestaan van de electrotechniek op velerlei gebied toegepast, en maken het onderwerp uit van tallooze octrooien. Inrichtingen voor het omvormen van de frequentie, het regelen van smoorspoelen met behulp van voormagnetisatie door middel van gelijkstroom, stabilisatoren voor het vereffenen van netspanningsschommelingen, zijn slechts enkele voorbeelden uit de lange lijst. Dergelijke middelen zouden ongetwijfeld algemeener worden toegepast, wanneer er niet twee moeilijkheden waren:

Ten eerste is men meestal niet zeker van de vorm van de *BH*-kromme, omdat slechts één of hoogstens twee punten dezer kromme worden vastgelegd door de normaalvoorschriften voor de levering van transformator- en dynamoblik, en daarbij alleen, voor zoover betreft de onderste grens.

Ten tweede levert het vooruitberekenen groote moeilijkheden op. Daar men niet met sinusvormig veranderlijke stroomen te doen heeft, kunnen wisselstroomvectoren hoogstens voor een ruwe benadering dienst doen. Dikwijls ook is het gedrag principieel anders dan uit de benadering met wisselstroomvectoren zou volgen. Voor een nauwkeuriger behandeling schieten de middelen der analyse — niettegenstaande talrijke pogingen — voor practisch gebruik te kort.

De eerste moeilijkheid is te verhelpen door elke inrichting afzonderlijk te justeeren, bijv. door het veranderen van de stapelhoogte van de kern. Voor massafabricage blijft dit onaangenaam. Bovendien worden de inrichtingen grooter en duurder, omdat men bij alles op de ongunstigste afwijking van de *BH*-kromme moet rekenen.

De tweede moeilijkheid hoeft de constructeur niet te hinderen. Het is nl. voor het maken van een ontwerp volstrekt niet noodig zich het hoofd te breken met rekenmethoden; men kan zich geheel baseeren op metingen, zonder dat het noodig is daarvoor eerst een aantal proefmodellen te maken van het toestel, dat men wil ontwikkelen.

Hoe dit mogelijk is, zal in dit artikel worden uiteengezet.

Correspondeerende gevallen

Om het vraagstuk vanuit een algemeen standpunt aan te pakken beschouwen wij een willekeurig netwerk, in een van welks takken een smoorspoel

[1]) Dit artikel is een nadere uitwerking van de bijdrage: „Over het ontwerpen van inrichtingen met verzadigde ijzerkern", die schrijver dezes leverde tot het Prof. Feldmann aangeboden Gedenkboek: Electrotechnische Opstellen (Waltman, Delft 1937).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

met gesloten ijzeren kern is opgenomen. Wij beperken ons tot kernen van zoodanige vorm, dat de ijzerdoorsnede even groot is voor alle deelen van het magnetisch circuit.

Wij noemen de constanten:

w aantal windingen om de kern,
l lengte ijzerweg,
F ijzerdoorsnede,
R, L, C, weerstand, zelfinductie, capaciteit;
en de variabelen:
t tijd,
Q lading, resp. doorgestroomde hoeveelheid electriciteit,
$I = dQ/dt$ stroom,
U uitwendige electromotorische kracht,
E reactie-EMK van de elementen van het netwerk,
B ijzerinductie in de kern,
H veldsterkte in de kern.

Wanneer van een gegeven aanvangstoestand

$$Q = Q_0 \text{ en } I = I_0$$

wordt uitgegaan, wordt het verloop van de variabelen geheel gegeven door het volgende stel vergelijkingen:

voor elke tak, behalve de tak met de ijzeren smoorspoel:

$$U = U(t), \quad (1)$$

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (2)$$

$$-E = L\frac{dI}{dt} + RI + \frac{Q}{C} \quad (3)$$

voor de tak met de ijzeren smoorspoel:

$$-E = wF\frac{dB}{dt}, \quad (4)$$

$$4\pi w I = Hl, \quad (5)$$

$$B = f(H), \quad (6)$$

voor elke maas $\Sigma(E + U) = 0$, (7)

van elk knooppunt $\Sigma I = 0$ (8)

De functie f in (6) wordt gegeven door de BH-kromme van het kernmateriaal, die bekend wordt verondersteld. Ook de functies $U(t)$, die de uitwendige EMK's in afhankelijkheid van de tijd voorstellen, zijn gegeven.

Substitueer in (1) tot (8):

$$t = \frac{1}{k}t', \quad (9)$$

$$E = k\frac{Fw}{F'w'}E' \quad (10)$$

$$U = k\frac{Fw}{F'w'}U', \quad (11)$$

$$Q = \frac{1}{k}\frac{w'l}{wl'}Q' \quad (12)$$

$$I = \frac{w'l}{wl'}I' \quad (13)$$

$$L = \frac{Fl'}{F'l}\left(\frac{w}{w'}\right)^2 L', \quad (14)$$

$$R = k\frac{Fl'}{F'l}\left(\frac{w}{w'}\right)^2 R', \quad (15)$$

$$C = \frac{1}{k^2}\frac{F'l}{Fl'}\left(\frac{w'}{w}\right)^2 C', \quad (16)$$

$$B = B', \quad (17)$$

$$H = H', \quad (18)$$

F' l' n' en k zijn hierbij constanten, die willekeurig gekozen kunnen worden. Volgens (9) tot (18) verschillen de nieuw ingevoerde grootheden t' E' U' Q' I' L' R' C' B' H' slechts constante factoren van de oorspronkelijke.

Tengevolge van deze substitutie gaan de vergelijkingen (1) tot (8) over in de volgende:

voor elke tak, behalve de tak met de ijzeren smoorspoel:

$$U' = \frac{1}{k}\frac{F'w'}{Fw}U\left(\frac{t'}{k}\right) = U'(t'), \quad (1a)$$

$$I' = \frac{dQ'}{dt'}, \quad (2a)$$

$$-E' = L'\frac{dI'}{dt'} + R'I' + \frac{Q'}{C'}, \quad (3a)$$

voor de tak met de ijzeren smoorspoel:

$$-E' = w'F'\frac{dB'}{dt'}, \quad (4a)$$

$$4\pi w'I' = H'l', \quad (5a)$$

$$B' = f(H'), \quad (6a)$$

voor elke maas $\Sigma(E' + U') = 0$, (7a)

voor elk knooppunt $\Sigma I' = 0$. (8a)

Dit nieuwe stel vergelijkingen verschilt van het oude alleen hierdoor, dat alle letters een accent gekregen hebben (met uitzondering van het functieteeken f in (6).

Het nieuwe stel vergelijkingen kan worden opgevat als betrekking te hebben op de stroom- en spanningsverdeeling in een ander netwerk, met hetzelfde schakelschema en hetzelfde kernmateriaal, maar met andere netconstanten (R', L' en C' inplaats van R, L en C), andere kernconstanten (l', F' en w' inplaats van l, F en w), en met andere uitwendige electromotorische krachten ($U' = U'(t')$ inplaats van $U = U(t)$). Het eenige, wat bij deze transformatie niet is veranderd, is de magnetische toestand van het kernmateriaal op correspondeerende tijdstippen.

Daar het nieuwe stel vergelijkingen uit het oude

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

is afgeleid met behulp van de formules (9) tot (18), bestaat onder alle omstandigheden de in (9), (10), (12) en (13) gegeven evenredigheid van de variabelen van het nieuwe met die van het oude geval. Wij kunnen dus de onbekenden van het nieuwe geval met behulp van (9), (10), (12) en (13) afleiden uit die van het oorspronkelijke, wanneer deze laatste op een of andere wijze — bijv. door metingen — bekend zijn geworden.

Wij willen het feit, dat de grootheden van het nieuwe geval met die van het oude samenhangen volgens de vergelijkingen (9) tot (18) kort aanduiden, door te zeggen, dat het nieuwe geval met het oude „correspondeert".

Daar het verloop van stroom en spanning door de differentiaalvergelijkingen, tezamen met de aanvangstoestand, geheel bepaald is, is het in het algemeen, tot het verkrijgen van een volledige correspondentie tusschen twee gevallen, voldoende, wanneer:

1e. de nieuwe netconstanten samenhangen met de oude volgens (14), (15) en (16),

2e. de nieuwe aanvangsstroomen en aanvangsladingen samenhangen met de oude volgens (12) en (13),

3e. de nieuwe uitwendige EMK's samenhangen met de oude volgens (11), resp. (1a).

Het door de transformatievergelijkingen gegeven verband zal dan voor correspondeerende tijdstippen blijven bestaan, hetgeen beteekent, dat dan de variabelen van het eene geval gelijk zijn aan die van het andere, op de constante reductiefactoren volgens (9) tot (13) na.

Uit (10) en (12) volgt verder:

$$\frac{{}^1/_2\, C'E'^2}{{}^1/_2\, C\,E^2} = \frac{{}^1/_2\, L'I'^2}{{}^1/_2\, L\,I^2} = \frac{l'F'}{l\,F},$$

d.w.z. correspondeerende energieën verhouden zich als de volumina van de tot het netwerk behoorende ijzeren kern.

Omdat de *BH*-kromme zich niet leent voor een analytische behandeling, is men er op aangewezen de eigenschappen van de schakeling voor te stellen door krommen of karakteristieken. Wanneer men deze laatsten wil kennen voor een nog niet bestaande ijzeren kern, behoeft men slechts een willekeurige andere kern (willekeurige l', F' en w') op te nemen in het correspondeerende netwerk, en hieraan de karakteristieken op te meten voor het correspondeerende geval. Volgens (9), (11) en (17) gelden deze karakteristieken dan op andere schaal ook voor het geval, dat men wil kennen. Evenzoo geldt ook een opgenomen oscillogram op andere schaal voor alle gevallen, die met het eerste correspondeeren.

In het bijzondere geval, dat de uitwendige EMK gegeven wordt door:

$$U(t) = p \sin \omega t$$

volgt uit (1a), dat de uitwendige EMK voor het correspondeerende geval is

$$U'(t') = \frac{\omega'}{\omega}\,\frac{F'w'}{F\,w}\,p \sin \omega' t',$$

waarbij is ingevoerd $\omega' = \omega/k$.

Om de aanvangstoestand hoeft men zich niet te bekommeren wanneer men alleen de stationnaire toestand onderzoekt. De inschakelverschijnselen zijn dan namelijk uitgestorven.

In het geval, dat $U(t) = 0$ is, dit wil zeggen wanneer men te doen heeft met een netwerk, dat aan zich zelf is overgelaten, hoeft men zich daarentegen niet te bekommeren om de uitwendige EMK's. Volgens (1a) is hier ook $U'(t') = 0$, onafhankelijk van de waarde van k. De tijdschaal zal hier telkens een andere zijn, al naar de waarde van k, die men bij de keuze van R', C', Q_0' en I_0' volgens (15), (16), (12) en (13) heeft ingezet.

De bovenstaande beschouwingen laten zich gemakkelijk uitbreiden tot kernen met meer dan een wikkeling. In de transformatieformules moet men dan telkens voor w en w' het windingtal inzetten van die wikkeling, die tot hetzelfde gedeelte van het net behoort als de betreffende tak.

In (2) kan men ook de wederzijdsche inducties opnemen, die dan kunnen bestaan tusschen takken van verschillende gedeelten van het netwerk of tusschen takken van hetzelfde gedeelte.

In het eerste geval wordt de reductievergelijking:

$$M_{12} = \frac{l'F\,w_1\,w_2}{l\,F'w_1'w_2'}\,M_{12}', \quad \cdots\cdots \quad (19)$$

waarin de indices betrekking hebben op de betreffende gedeelten en w het aantal windingen voorstelt van de daarbij behoorende kernwikkelingen.

Het tweede geval is een bijzonder geval van het eerste, waarbij $w_1' = w_2'$ en $w_1 = w_2$.

Op analoge wijze vindt men transformatieformules voor de constanten R_{12} (hier is $R_{12} \neq R_{21}$) bij roteerende electrische machines. Geeft men de rotatie-EMK, E_1, opgewekt in een ankerwikkeling, behoorende tot het gedeelte *1*, tengevolge van de stroom I_2 in een veldwikkeling, behoorende tot het gedeelte *2*, aan door:

$$E_1 = R_{12}I_2,$$

dan vindt men voor R_{12} een reductiefactor, die gelijk is aan k maal de reductiefactor voor M_{12} in (19).

Ook voor de constanten van versterkerlampen zou men onder bepaalde omstandigheden transformatieformules kunnen afleiden.

De karakteristieken voor een aantal uitvoeringen in verschillende grootte en vorm kan men in een vergelijkbare vorm brengen, door ze alle met

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

behulp van (9) tot (20) terug te brengen tot het overeenkomstige geval met $l' = 1, F' = 1$ en $w_1' = 1$, $w_2' = 1$. Men vormt daardoor de inrichting om in een denkbeeldige correspondeerende inrichting met een ijzeren kern in de vorm van een kubus met een zijde van 1 cm, waarbij men zich dan moet voorstellen, dat het ijzeren circuit gesloten is door een juk met oneindig groote permeabiliteit. Elk van de wikkelingen van deze denkbeeldige ijzeren kern bestaat uit slechts een enkele winding. De energie van elke condensator en elke smoorspoel van het gereduceerde netwerk is gelijk aan die van het correspondeerende element van het oorspronkelijke netwerk, gedeeld door het volume van de oorspronkelijke ijzeren kern.

Meetapparatuur

Het loont de moeite een vaste apparatuur te maken, waarmee men correspondeerende schakelingen kan samenstellen en doormeten voor ontwerpen van allerlei soort. De meetresultaten kan men dan op de aangegeven wijze omrekenen voor het geval, dat men op het oog heeft. De reductieformules worden hierbij nog iets eenvoudiger, omdat men daarbij l', F', w_1' en w_2' van de meetapparatuur eens vooral in de constante factoren kan verwerken.

Men zal verder de transformator van de meetapparatuur zoo inrichten, dat het meten zoo gemakkelijk mogelijk wordt. Daar bij correspondeerende gevallen en gebruik van dezelfde frequentie, die men dan liefst gelijk 50 perioden per sec zal stellen, het vermogen van alle takken evenredig is met het volume van de ijzeren kern, zal men dus het kernvolume niet te groot kiezen, om te voorkomen, dat de spanningen, stroomen of vermogens buiten het meetgebied van de beschikbare meters zouden vallen, of dat de verbindingsdraden te dik en te stug zouden moeten zijn. Ook wordt op deze wijze de grootte van de tot de apparatuur behoorende regelweerstanden, regelsmoorspoelen en condensatoren binnen redelijke grenzen gehouden. Het aantal windingen van de wikkelingen kan vrij worden aangenomen; ook dit zal men aanpassen aan de instrumenten.

Het materiaal van de tot de meetapparatuur behoorende ijzeren kern moet natuurlijk hetzelfde zijn als bij de inrichting, waarvoor men een ontwerp wil maken. Practisch wordt echter steeds hetzelfde materiaal toegepast, nl. hooggelegeerd transformatorblik, omdat de *BH*-kromme hiervan voor de bedoelde toepassingen zeer geschikt is [2]), terwijl dit materiaal niet te duur en gemakkelijk verkrijgbaar is. Met een enkele kern van hooggelegeerd transformatorblik in de meetapparatuur zal men dus constructies van de meest uiteenloopende soort kunnen bestudeeren.

Met de kathodestraaloscillograaf, die steeds voor het gebruik gereed is en voor het aflezen even weinig voorbereiding noodig heeft als een volt- of amperemeter, is het hier bijzonder pleizierig werken, omdat men vrij is in de keuze van de windingsgetallen van de kernwikkelingen, en men deze dus aan de gevoeligheid van de oscillograaf kan aanpassen. Hierdoor behoeft nooit een versterker te worden voorgeschakeld.

Niet-periodieke verschijnselen kan men ten behoeve van de kathodestraal-oscillograaf periodiek maken door ze bijv. met behulp van een synchroon roteerende contactschijf periodiek te herhalen.

Met de beschreven meetapparatuur kan men voor alle mogelijke projecten snel de gunstigste waarden vinden voor die grootheden, welke nog vrij gekozen kunnen worden, door achtereenvolgens allerlei combinaties van waarden in te stellen, en de invloed daarvan direct op de meters af te lezen.

Stabilisator voor het vereffenen van netspanningsschommelingen

Ter illustratie van deze algemeene beschouwingen bespreken we een inrichting ter vereffening van netspanningsschommelingen.

Fig. 1 geeft het schakelschema van een dergelijke

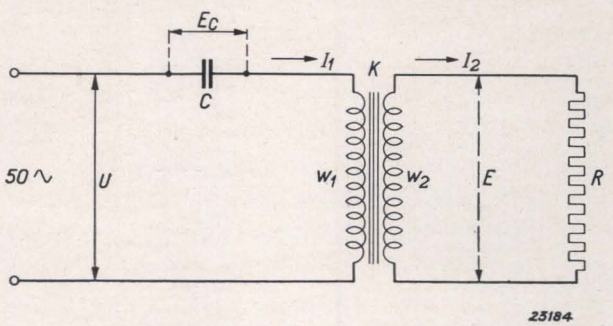


Fig. 1. Schakelschema van een stabilisator met belastingweerstand. K is een gesloten ijzeren kern, w_1 en w_2 zijn de windingsgetallen van de daarop liggende wikkelingen, R is de belastingsweerstand, C een condensator met spanning E_C. U en E zijn de ingangs- resp. uitgangsspanningen, I_1 en I_2 de stroomsterkten.

inrichting. Bij het veranderen van de netspanning U verandert de primaire stroom, maar de grootte

[2]) De *BH*-kromme van hooggelegeerd transformatorblik vertoont nl. een duidelijke knik, hetgeen voor het goed functionneeren van dergelijke inrichtingen noodzakelijk is. Zooals reeds in de inleiding vermeld werd, zijn de *BH*-krommen van verschillende leveringen van dezelfde soort blik niet steeds volkomen gelijk, waarmee men bij de practische toepassing van de model-proef rekening moet houden. Bij het later te geven voorbeeld zal dit punt in aanmerking worden genomen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

van het ijzerveld blijft door de verzadiging bijna constant; hetzelfde geldt dus voor de uitgangsspanning E, die door het veld in de secundaire wikkeling wordt geinduceerd.

De mate, waarin het toestel aan zijn doel beantwoordt, wordt uitgedrukt door de vereffeningsfactor, d.i. de verhouding van de procentueele verandering van de ingangsspanning tot die van de uitgangsspanning.

Fig. 2 geeft voor een dergelijke inrichting de

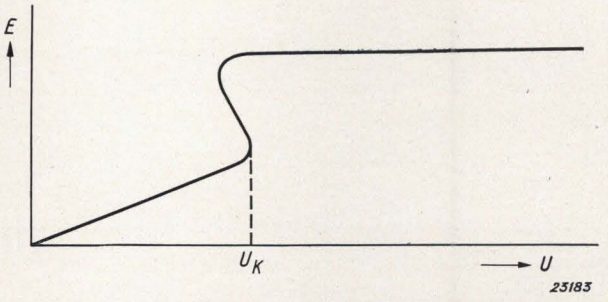


Fig. 2. Karakteristiek van de stabilisator. U is de effectieve waarde van de ingangsspanning, E die van de uitgangsspanning, bij belasting met een constante weerstand. U_k is de effectieve waarde van de uitgangsspanning bij de onderste knik van de kromme. Het bovenste nagenoeg horizontale gedeelte van de kromme is het werkgebied.

uitgangsspanning E als functie van de ingangsspanning U, bij constante R.

De inrichting werkt als stabilisator in het nagenoeg horizontale gedeelte van de kromme. Hoe grooter U, des te grooter is het vermogen van condensator en transformator, en des te hooger zijn de kosten van de inrichting. Wij zullen het werkgebied dus zooveel mogelijk naar links leggen, maar kunnen niet verder gaan dan $U = U_k$, waarbij de ordinaat raakt aan de onderste knik. Anders bestaat de mogelijkheid, dat het werkpunt bij het opzetten van de netspanning blijft hangen op de onderste tak van de kromme.

Wanneer wij gedekt willen zijn tegen mogelijke afwijkingen van de BH-kromme, en wanneer gevraagd wordt netspanningsschommelingen van 10% naar boven en naar beneden te vereffenen, moet daarom het werkgebied gelegd worden tusschen ongeveer 1,15 U_k en 1,40 U_k, waarbij de nominale netspanning $U = 1{,}27\ U_k$ behoort.

Gevraagd wordt deze E-U-kromme door een geschikte keuze van de ijzeren kern de windingsgetallen en de constanten van het netwerk de meest geschikte vorm te geven, zoodanig dat de vereffeningsfactor groot genoeg is, en de vermogens van condensator en transformator zoo klein mogelijk zijn. Deze vermogens toch bepalen de grootte en de kosten van de inrichting.

De opgave schijnt zeer ingewikkeld, door het groote aantal vrijheden, en het groote aantal combinaties, dat daarom zou moeten worden beproefd. Het ziet er naar uit, dat wij hier zouden moeten experimenteeren met een aantal ijzeren kernen van schillende vorm en grootte, en met verschillende windingsgetallen, en alsof dit alles nog zou moeten worden gecombineerd met capaciteiten van verschillende grootte.

Dank zij de vorige algemeene beschouwing echter laat de opgave zich sterk vereenvoudigen, doordat men alle varianten steeds tot dezelfde vergelijkingsbasis kan terugbrengen, door ze bijv. alle te reduceeren op de transformator van de meetapparatuur. Omdat men in de regel alleen met netten van 50 perioden te maken heeft, kunnen wij er hier voorloopig van afzien de tijd te transformeeren en dus $k = 1$ zetten. Terwijl de oorspronkelijke kromme bepaald wordt door C, R, w_1, w_2, l en F, is het aantal parameters bij de gereduceerde kromme teruggebracht tot twee. Het schema van fig. 1 maakt dit onmiddellijk duidelijk. Wanneer de transformator, die in fig. 1 is voorgesteld, steeds dezelfde is, met dezelfde l', F', w'_1 en w'_2, is het eenige, wat in het schema nog voor verandering vatbaar is, de grootte van R' en C'.

Door de bovengenoemde reductie is de opgave dus teruggebracht tot de volgende:

Gevraagd: R' en C' zoo te kiezen, dat:

1) in het gebied voor U' tusschen 1,15 U_k' en 1,40 U_k' de vereffeningsfactor groot genoeg is en dat
2) P_C'/P_R' en P_T'/P_R' voor $U' = 1{,}27\ U_k'$ zoo klein mogelijk zijn.

   P_C' en P_T' zijn hier de schijnbare vermogens van de condensator en de transformator, P_R' is het wattverbruik van de belastingsweerstand.

Deze opgave kan zonder rekenen door probeeren met de meetapparatuur worden opgelost. Wij meten bij verschillende instellingen van R' en C' de $E'U'$-kromme en bepalen daarvoor telkens de drie onder 1) en 2) genoemde maatgevende getallen. Zooals te voorzien was, blijkt hierbij, dat de onder 1) gestelde wensch tegengesteld is aan die onder 2). Al naar de toepassing moet men dus een compromis zoeken tusschen goede vereffeningsfactor en lage kosten.

Stel, dat men tenslotte een bepaalde R' en C' als gunstigste heeft uitgekozen, dan meet men nu ook de daarbij behoorende waarden voor I_1', I_2', U', E' en E_C'. Deze getallen leveren ons — tezamen met de waarden voor U, E en I_2, die door het project zijn voorgeschreven — alle gegevens voor de te projecteeren inrichting. Noemen wij namelijk

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

het afgegeven vermogen $E\,I_2 = P_R$ resp. $E'I_2' = P_R'$, dan vinden wij:

uit (10) en (13):

$$F = k_1 \frac{P_R}{l} \cdot\cdot\cdot (21), \text{ waarin } k_1 = \frac{l'\,F'}{P_R'} \cdot\cdot (21a)$$

uit (10), (11) en (13):

$$w_1 = k_2 \frac{U\,l}{P_R} \cdot\cdot\cdot (22), \quad ,, \quad k_2 = \frac{P_R'\,w_1'}{U'\,l'} \quad (22a)$$

uit (13):

$$w_2 = k_3 \frac{l}{I_2} \cdot\cdot\cdot (23), \quad ,, \quad k_3 = \frac{I_2'\,w_2'}{l'} \cdot (23a)$$

uit (10), (11), (13) en (16):

$$C = k_4 \frac{P_R}{U^2} \cdot\cdot\cdot (24), \quad ,, \quad k_4 = \frac{U'^2}{P_R'} C' \cdot (24a)$$

uit (13) en (22):

$$I_1 = k_5 \frac{P_R}{U} \cdot\cdot\cdot (25), \quad ,, \quad k_5 = \frac{U'\,I_1'}{P_R'} \quad (25a)$$

uit (11):

$$E_C = k_6\,U \cdot\cdot\cdot (26), \quad ,, \quad k_6 = \frac{E_C'}{U'} \cdot\cdot\cdot (26a)$$

Daar de grootheden aan de rechterzijde van (21a) tot en met (26a) met behulp van de meetapparatuur zijn bepaald, als gunstigste combinatie tot het bereiken van een bepaalde vereffeningsfactor, kennen wij eens voor al de constanten k_1 tot en met k_6. Het maken van een ontwerp bepaalt zich dus tot het invullen van de door het project voorgeschreven waarden van U, P_R, en I_2 in de vergelijkingen (21) tot en met (26). De ijzerlengte l kan vrij worden aangenomen, en bijv. gelijk gemaakt worden aan de lengte van de ijzerweg bij een bestaande blikstempel.

Wanneer het niet om het complete ontwerp, maar om een snelle prijsschatting te doen is, is het voldoende het condensatorvermogen $P_C = I_1\,E_C$ en het kerngewicht $G = 7{,}8\ lF$ te bepalen. Uit (25), (26) en (21) vindt men:

voor het condensatorvermogen:

$$P_C = k_7\,P_R \cdot\cdot (27), \text{ waarin } k_7 = \frac{E_C'\,I_1'}{P_R'} \quad (27a)$$

voor het kerngewicht in grammen:

$$G = k_8\,P_R \cdot\cdot (28), \text{ waarin } k_8 = \frac{7{,}8\ l'F'}{P_R'} \quad (28a)$$

De beide grootheden worden hierdoor uitgedrukt in het vermogen P_R, dat de stabilisator moet afgeven.

Wij hebben ons hier bepaald tot een voorbeeld, waarin als constanten van het netwerk slechts een weerstand en een capaciteit voorkwamen. Het voordeel van de gegeven omrekening is echter over het algemeen des te grooter, naarmate het verschijnsel slechter voor directe berekening toegankelijk is. Zoo heeft deze methode vooral haar nut bewezen op een ander gebied, nl. dat, waarbij vóórgemagnetiseerde smoorspoelen in combinatie met ventielbuizen worden gebruikt.

Rectificatie: In het artikel over *Technische gezichtspunten betreffende wegverlichting* in de vorige aflevering kunnen eenige zinsneden aanleiding geven tot misverstand.

Middenin de rechterkolom van blz. 244 wordt gezegd, dat object en achtergrond gemiddeld minstens een contrast van 3 : 4 moeten vormen, teneinde met redelijke veiligheid de weg met een snelheid van 80 km/uur te kunnen berijden. De verlichtingstoestand moet dan natuurlijk zoo zijn, dat deze contrasten ook kunnen worden waargenomen. Dit is feitelijk datgene, wat direct met behulp van „Philips' zichtbaarheidsmeter" werd vastgesteld, zooals reeds werd opgemerkt aan het einde van het desbetreffende artikel in de Dec.-aflevering van de vorige jaargang (Philips techn. T. **1**, 356, 1936).

In de rechterkolom van blz. 246 zijn op 8 regels van onder 2 regels uitgevallen, waardoor de samenhang van het betoog verloren is gegaan. Er moet daar staan: Bouma en met hem vele andere onderzoekers vinden, dat de afname der contrastgevoeligheid pas tot een toelaatbaar geringe waarde daalt bij invalshoeken grooter dan 15°. (Bouma noemt zelfs als gewenscht 15°-20°.)

De aandachtige lezer zal wel bemerkt hebben, dat op blz. 247 in het midden van de rechterkolom bedoeld wordt, dat bij *oordeelkundig* plaatsen der lichtbronnen de breede lichtbanen zoodanig op elkaar kunnen aansluiten, dat zelfs bij nat weer toch een overal helder wegdek kan worden waargenomen.

In het artikel *Beveiliging tegen overspanning* moet op blz. 226 in de linkerkolom 6 regels van onder staan, dat in fig. 2 is uitgezet om de hoeveel jaren men in een bepaald gebied *per afleider* een ontlading *boven* een bepaalde stroomsterkte mag verwachten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

OVER DE STRALINGSINTENSITEIT VAN PHILIPS' LICHTECHTHEIDSTOESTEL

door J. F. H. CUSTERS.

Samenvatting. Door vergelijkende proeven over de kleurverandering van monsters bij bestraling met zonlicht en onder het licht van Philips' lichtechtheidstoestel werd vastgesteld, dat de stralingsintensiteit onder het lichtechtheidstoestel ca. het 50-voudige is van de maximaal waargenomen zonnestraling op een horizontaal vlak (breedte-graad 52).

Reeds eerder werd in dit tijdschrift een beschrijving van een nieuw toestel voor onderzoek van allerlei stoffen op hun lichtechtheid gegeven [1]). Daarbij werd in het bijzonder de aandacht gevestigd op de zeer groote intensiteit van het licht ter plaatse van het monster, waardoor het mogelijk is in zeer korten tijd uitsluitsel over zijn lichtechtheid te verkrijgen. Op de bepaling van de verhoudingsfactor der tijden, die vereischt zijn om bij bestraling in de zon resp. onder het toestel eenzelfde kleurverandering te verkrijgen en welke factor ca. 50 is, willen wij in dit artikel uitvoeriger ingaan. Voor het berekenen van deze factor zijn de volgende stappen te doen:

1) Bestralen van een of meer monsters zoowel in zonlicht als in het licht van het toestel gedurende bepaalde tijden.
2) Registreeren der hoeveelheid zonlicht resp. licht van het toestel, welke voor het verkrijgen van een bepaalde kleurverandering vereischt is.
3) Meten van de kleurverandering op geschikte wijze, waardoor de in zonlicht resp. licht van het toestel optredende kleurveranderingen met elkander te vergelijken zijn.

Bij het bestralen in de zon liggen de monsters op een plat met zwart fluweel bedekt oppervlak, *T* in *fig. 1*, dat horizontaal is opgesteld. De monsters zijn voor de helft afgedekt met zwart gemaakte metalen stripjes. Op 5 cm afstand boven het vlak der monsters bevindt zich een plaat gewoon vensterglas *G* ter dikte van 2 mm. Er wordt gezorgd, dat de buitenlucht vrij bij de monsters kan komen.

In het met fluweel bedekte oppervlak bevindt zich een cirkelvormige 4 cm wijde opening, waardoorheen het zonlicht in een van binnen matwit geverfde cylinder valt. Deze cylinder is 15 cm wijd en 20 cm lang. In het grondvlak is een cirkelvormige 2 cm wijde opening uitgespaard. Het op de binnenwand van de cylinder vallende zonlicht komt na een of meer weerkaatsingen voor een belangrijk deel in deze opening terecht. Om te vermijden, dat de opening door directe zonnestraling getroffen wordt, is midden in de cylinder een matwit rond schijfje met 4 cm diameter horizontaal opgesteld. Onder het grondvlak van de cylinder bevindt zich een fotocel, waarvan het venster tegen de benedenopening rust. Om te vermijden, dat de cel door

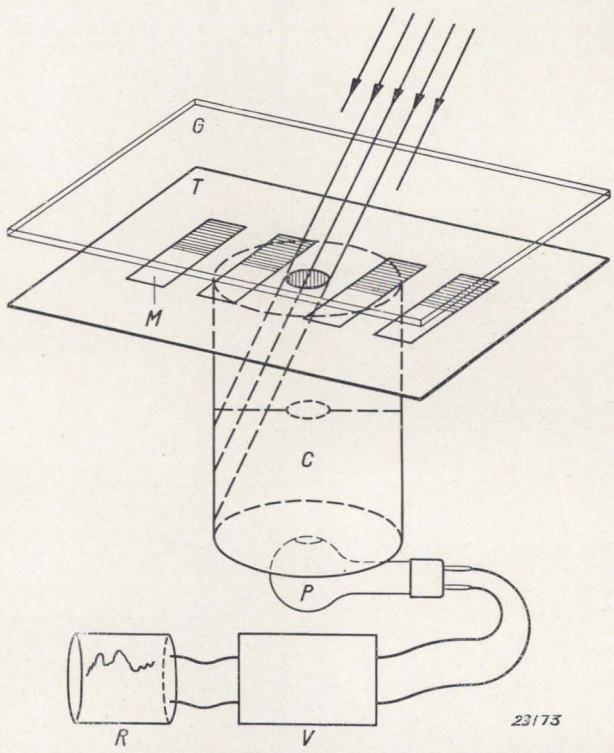


Fig. 1. Schets der opstelling, welke dient om diverse monsters in de open lucht te bestralen en tegelijkertijd de werkzame hoeveelheid zonnestraling te registreeren.
T Tafel, waarop zich de monsters bevinden. *M* Monster. *G* Vensterglas. *C* Inwendig matwit geverfde cylinder. *P* Fotocel. *V* Versterker. *R* Registreerende milliampere-meter.

ander licht dan het van boven afkomstige getroffen zal worden, is zij in een lichtdicht kastje opgesteld. De in de cel vloeiende kleine electrische stroom, welke evenredig is met de intensiteit van het opvallend licht, wordt ca. 500 maal versterkt en vervolgens met behulp van een registreerende milliampere-meter op een draaiende trommel opgeteekend. Deze intensiteit is, zooals bij de bol volgens Ulbricht, een maat voor de lichtstroom door de opening, dwz. voor de verlichtingssterkte der monsters, onafhankelijk van de richting der zonnestralen.

Wij moeten wel tot deze opstelling overgaan,

[1]) Een nieuw toestel voor onderzoek van materialen op hun lichtechtheid, Philips techn. T. **1**, 277, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info

omdat bij direct invallen van licht in de cel verschillende stroomsterkten gemeten worden bij verschillende invalsrichting. Dit is een gevolg van de niet overal gelijke gevoeligheid van het lichtgevoelige celoppervlak. Door het tusschenschakelen van de cylinder wordt bereikt, dat de cel voortdurend gelijkmatig belicht wordt over het geheele oppervlak; immers het zonlicht wordt op de cylinderwand een of meer malen diffuus weerkaatst, voordat het op de cel kan vallen. Bij het draaien van het toestel om de verticale cylinderas verandert de celstroomsterkte dan ook in het geheel niet. Het voordeel dezer opstelling is, dat bij elke zonnestand en niet te sterk bewolkte hemel de stralingsenergie geregistreerd kan worden, welke per eenheid van oppervlak en van tijd op de bestraalde monsters valt. Duidelijk is, dat de totale hemelstraling d.w.z. zon en hemellicht op de monsters inwerkt. In *fig. 2* zijn een paar registrogrammen afgedrukt, zooals zij werden opgenomen op zonnige dagen in Juni, meestal tusschen 9 uur 's morgens en 4 uur 's middags. Tijdens het opnemen van *A* was het een bijzonder mooie dag zonder een wolkje aan de hemel. Zooals uit het registrogram blijkt, neemt de verlichtingssterkte (waaronder wij in dit artikel de totale, zoowel zichtbare als onzichtbare straling verstaan, die van alle richtingen uit per eenheid van oppervlak en van tijd op de monsters valt) geleidelijk toe met zeer kleine schommelingen, om even na 12 uur zomertijd weer geleidelijk af te nemen. Ook bij het opnemen van registrogram *B* was het een mooie dag, die echter met voortdurend voorbijtrekkende wolken gepaard ging, hetgeen in de grillige vorm van het registrogram tot uitdrukking komt. De plotselinge afname der verlichtingssterkte tot de waarde nul, hier en daar op de registrogrammen te zien, is een gevolg van het gedurende korten tijd geheel afdekken van de bovenste cylinderopening, waardoor de nulstand van de versterker gecontroleerd kan worden.

Zooals we reeds opmerkten, is de uitslag op het registrogram op een constante factor na gelijk aan de verlichtingssterkte der monsters. Laten wij deze factor gemakshalve gelijk 1 stellen. Het oppervlak, gelegen tusschen registrogram en nullijn eenerzijds en tusschen twee, bij bepaalde tijdstippen behoorende ordinaten anderzijds, stelt dan de hoeveel

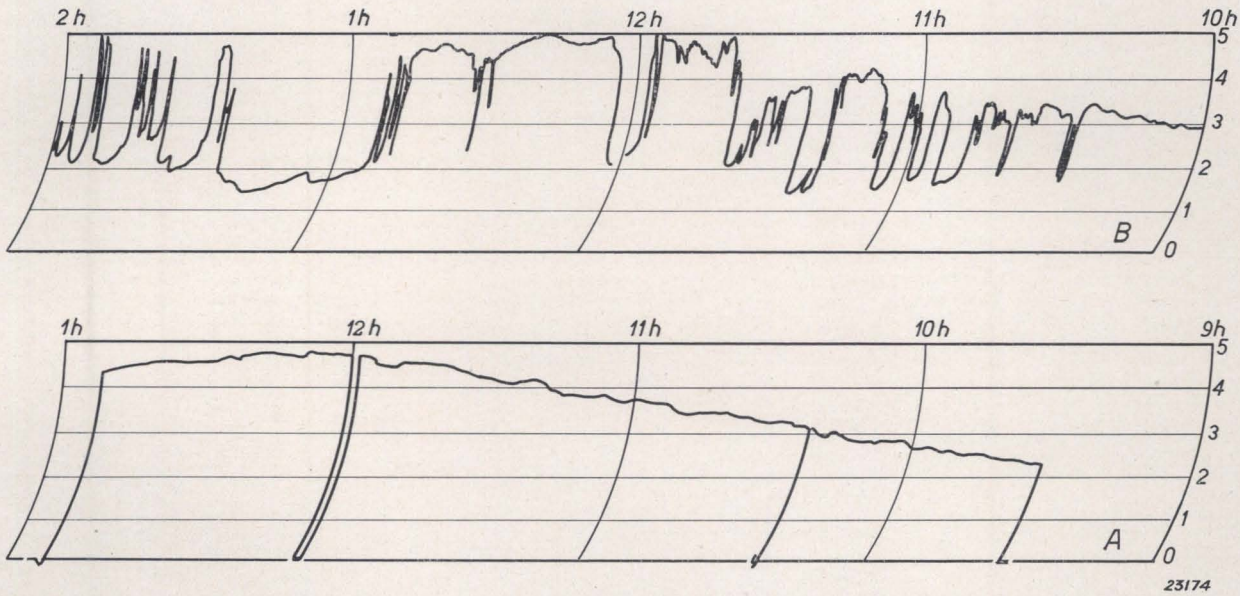


Fig. 2. Registrogrammen van de hoeveelheid straling, die per eenheid van oppervlak en van tijd op de monsters viel. De tijd werd geteld in uren. De eenheid van verlichtingssterkte is willekeurig. *A* werd geregistreerd op 9 Juni, *B* op 8 Juni.

heid straling voor, welke per eenheid van oppervlak gedurende de betreffende tijd op de monsters is gevallen; zij is bijv. uit te drukken in erg per cm² of in wattsecunden per cm².

Bestraald werd op 8, 9, 13 en 14 Juni, allen bijzonder zonnige dagen. Door het oppervlak van elk der opgenomen registrogrammen door de bestralingstijd in uren te deelen, verkrijgen wij de gemiddelde verlichtingssterkte op de genoemde dagen; in een willekeurige eenheid, uitgedrukt zijn zij: 1,43; 1,89; 1,35; resp. 1,15 op 8, 9, 13 resp. 14 Juni; derhalve sterk verschillend [2]). De totale hoeveel-

[2]) Hierbij merken wij op, dat niet op elk dezer dagen gedurende dezelfde tijd bestraald werd, zoodat de meegedeelde gemiddelden niet zonder meer te vergelijken zijn; wèl te vergelijken zijn de waarden 1,89 en 1,15, omdat op 9 en 14 Juni vrijwel even lang en op dezelfde uren van de dag bestraald werd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

heid straling, welke gedurende het belichten op die vier dagen werkzaam is geweest, bedraagt 27,5, waarbij in het geheel gedurende 19 uur en 35 minuten bestraald werd. Op 9 Juni, een uitgelezen heldere dag, werd om kwart over twaalf de grootst voorkomende verlichtingssterkte geregistreerd, zij bedroeg 2,4; was op dit tijdstip de zon stil blijven staan, dan zouden 27,5/2,4 = 11,5 uren bestralingstijd in de zon voldoende zijn geweest om hetzelfde effect te bereiken als gedurende 19 uur en 35 minuten op de bovengenoemde dagen bereikt werd. Ondersteld is hierbij, dat het effect uitsluitend afhangt van het product van verlichtingssterkte en bestralingstijd. Bij niet te lange bestralingstijden is dit met een behoorlijke benadering het geval.

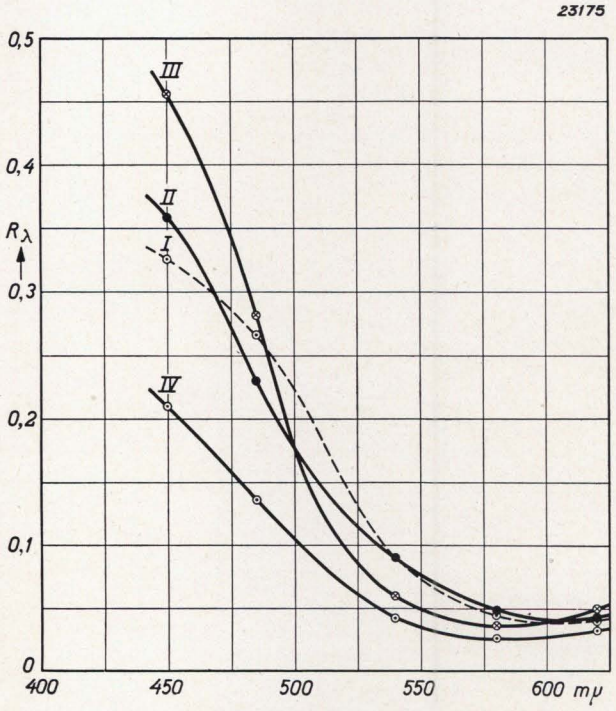


Fig. 3. Reflectie-krommen van vier verschillende blauwe monsters (*I*, *II*, *III* en *IV*).

Van dezelfde monsters worden gedeelten eveneens onder het lichtechtheidstoestel bestraald. Omdat de verlichtingssterkte in dit geval constant is, is het voldoende de bestralingstijden waar te nemen, die voor het verkrijgen van een bepaald effect noodig zijn. Zooals nader uiteengezet wordt, is onder het toestel een bestralingstijd van 15,6 minuten vereischt om dezelfde mate van kleurverandering te verkrijgen, welke bij bestraling in de zon pas na 11,5 uur zou optreden in het niet te verwezenlijken allergunstigste geval, dat de zonnestraling doorloopend de in het bovenstaande genoemde maximale waarde 2,4 zou hebben. De verhoudingsfactor is derhalve $\frac{11{,}5 \cdot 60}{15{,}6} = 45$.

Om de kleurverandering der bestaande monsters in getallen te kunnen vastleggen, werden zoowel aan belichte als aan niet-belichte monsters reflectiemetingen gedaan bij verschillende golflengten uit het spectrum. Een beschrijving van de reflectometer, het instrument, dat dient om reflectiecoëfficienten te bepalen, willen wij hier achterwege laten. Wij vermelden slechts, dat de richting van het invallende licht een hoek van ca. 30° insluit met de normaal op het vlak van het monster, terwijl het in de richting der normaal diffuus weerkaatste licht gemeten wordt. Als vergelijkingsvlakje, waarvan de reflectie-coëfficient bij elke golflengte gelijk 1 wordt gesteld en waarop alle monsters betrokken worden, dient een stukje wit ivoorkarton.

In *fig. 3* zijn de reflectie-krommen weergegeven der eerste vier monsters (*I*: 0,6 % Brillantwollblau FFR extra, *II*: 0,6 % Wollblau N extra (825), *III*: 1 % Brillantindocyanin 6 B en *IV*: 1,5 % Wollechtblau GL (974)) van de uit 8 stuks bestaande verzameling blauwe lichtechtheidstypen, welke door de „Deutsche Echtheitskommission" aanbevolen worden. Zooals te verwachten is, is de reflectiecoëfficient R_λ in het blauw grooter dan in oranje en rood. In *fig. 4* zijn eenige reflectiekrommen

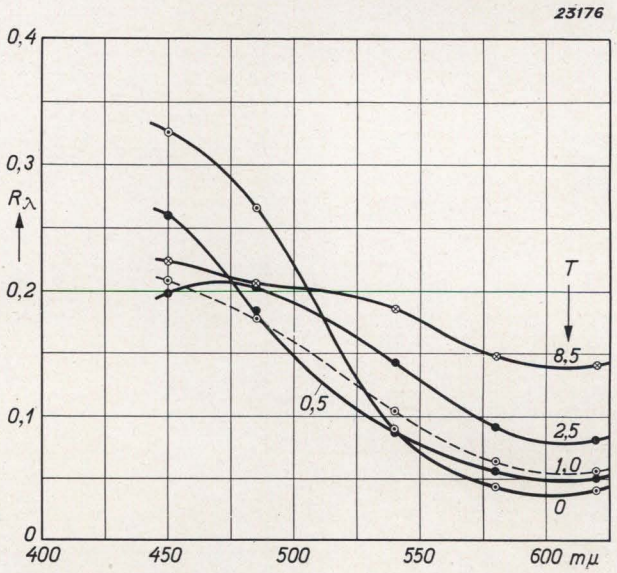


Fig. 4. Reflectiekrommen van monster *I*, nadat dit verschillend lange tijden onder het lichtechtheidstoestel bestraald is. De getallen in de nabijheid der letter *T* geven de bestralingstijd aan in uren.

weergegeven van monster *I*, nadat dit verschillend lange tijden onder het lichtechtheidstoestel bestraald is. De reflectie wordt over het geheele spectrum meer en meer gelijkmatig naarmate langer bestraald wordt, d.w.z. de kleur van het monster gaat van verzadigd blauw over in een zeer onverzadigd lichtblauw, het monster bleekt vrijwel zuiver uit. Wij verkrijgen overzichtelijker krommen, wan-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info

neer wij in navolging van de definitie der zwarting van een fotografische plaat de z.g. reflectie-zwartheid D_λ invoeren, welke op de volgende wijze gedefinieerd is:

$$D_\lambda = \log 1/R_\lambda.$$

Wanneer de reflectie-coëfficient klein is (bijv. 0,01), is de reflectie-zwartheid groot (nl. gelijk 2) en omgekeerd. D_λ is te beschouwen als een zwarting in weerkaatst licht. In *fig. 5* zijn reflectie-zwartheids-

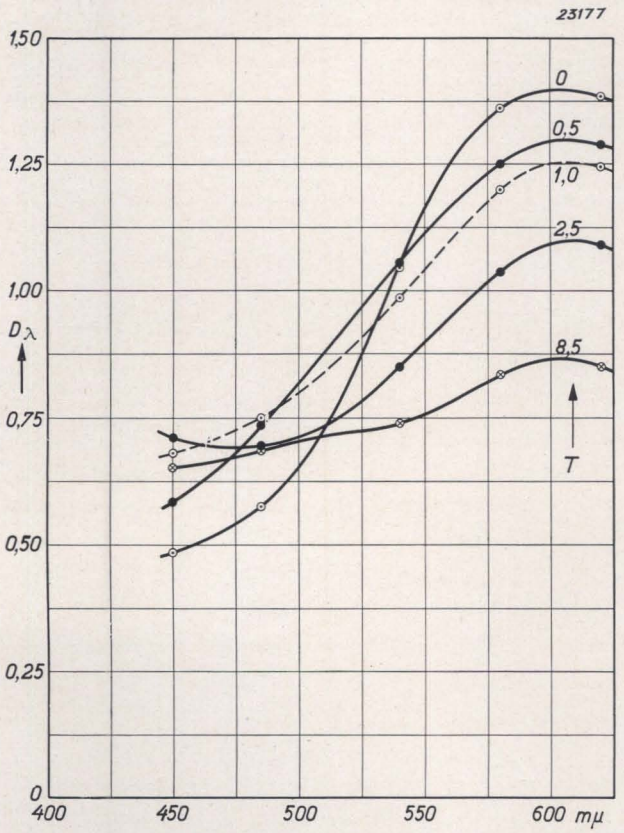


Fig. 5. Reflectie-zwartheidskrommen van monster *I*, nadat dit verschillend lange tijden bestraald is onder het toestel. De getallen in de nabijheid der letter *T* geven de bestralingstijd in uren aan.

krommen van monster *I* uitgezet; zij zijn zonder meer uit fig. 4 te berekenen. Vertoont het nog niet bestraalde monster in het blauw een kleine, in het rood een groote zwartheid, na een bestralingstijd van 8,5 uur is de zwartheid in het rood veel kleiner geworden, terwijl zij in het blauw is toegenomen. Deze krommen zijn daarom van zooveel belang, omdat de afname van D_λ in het maximum der reflectie-zwartheidskromme in eerste benadering evenredig blijkt te zijn met de bestralingstijd, wanneer deze niet te lang is. In *fig. 6* is ΔD_λ uitgezet in afhankelijkheid van de bestralingstijd voor de golflengte 620 mμ. Hierop baseeren wij de bepaling van de reeds genoemde verhoudingsfactor.

In *fig. 7* bevinden zich de zwartheidskrommen van het niet-bestraalde monster *I* en de kromme van

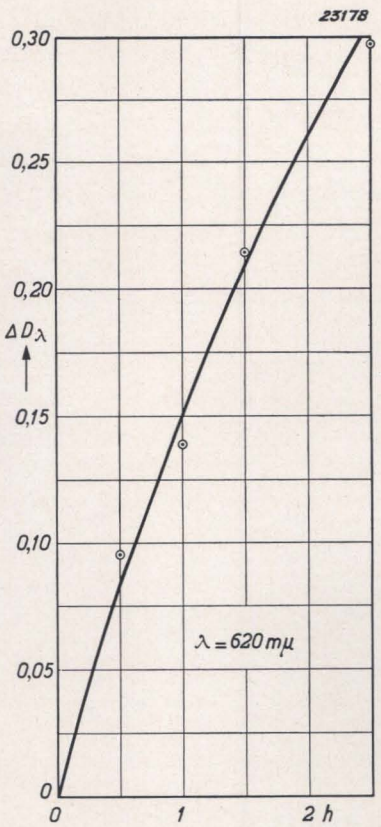


Fig. 6. Verband tusschen de afname der reflectie-zwartheid (ΔD_λ) en de bestralingstijd in uren voor de golflengte 620 mμ.

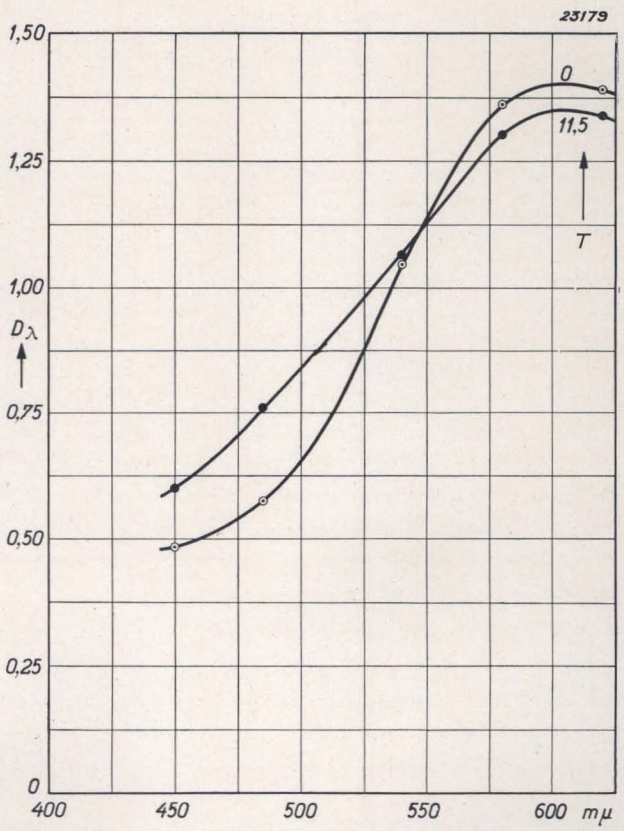


Fig. 7. Reflectie-zwartheidskrommen van monster *I* in niet bestraalde toestand en nadat het 11,5 uur (bij max. zonne-intensiteit) in de zon is bestraald.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

ditzelfde monster, nadat het in de zon bestraald is. Bij 620 mμ blijkt D_λ gedaald te zijn van 1,382 tot 1,334 zoodat $\Delta D_\lambda = 0{,}048$. Om deze verandering in D_λ te verkrijgen was een bestralingstijd noodig van 11,5 bij een maximale verlichtingssterkte van 2,4. Bij bestraling onder het lichtechtheidstoestel nam D_λ in 30 minuten af van 1,382 tot 1,290, zoodat $\Delta D_\lambda = 0{,}092$; in $\frac{0{,}048}{0{,}092} \cdot 30 = 15{,}6$ minuten zou D_λ derhalve met het bedrag 0,048 zijn afgenomen. Hieruit volgt, dat 15,6 minuten bestralingstijd onder het toestel gelijkwaardig zijn met 11,5 uur bestraling in de zon bij maximale zonne-intensiteit. Op deze wijze werd voor verschillende monsters de verhoudingsfactor bepaald. Voor sommige monsters viel hij wat grooter uit voor andere wat kleiner, met een gemiddelde van 50. Grooter afwijkingen dan 15 kwamen niet voor.

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

No. 1183: A. Bouwers: Convergence of electrons by means of magnetic coils (Physica **4**, 200 - 206, Mrt. 1937).

In dit artikel wordt nagegaan, hoe electronenstralen door magneetspoelen kunnen worden gefocusseerd. Op elementaire wijze wordt de lenswerking van een korte spoel berekend en de door de electronen gevolgde weg beschreven. Voor korte en lange spoelen worden formules afgeleid voor de brandpuntsafstand en draaiingshoek rondom de as der spoel. Tenslotte worden nog eenige speciale gevallen behandeld, zooals het overgangsgeval tusschen korte en lange spoel en de invloed van een niet-homogeen, sterk veld met behulp waarvan vergrootte of verkleinde beelden zijn te maken.

No. 1184*: J. van Niekerk: Einige pharmakologische Untersuchungen mit Salzen von reinem Zirkonium und reinem Hafnium (Naunijn-Schmiedebergs Arch. exp. Pathol. Pharmakol. **184**, 686 - 693, Mrt. 1937).

De resultaten van onderzoekingen over de pharmakologische werking van zirkoon- en hafniumoxychloride worden beschreven. Hun werking blijkt in aequimoleculaire hoeveelheid aan overeenkomstige proefobjecten practisch dezelfde te zijn. Zirkoonoxychloride vertoont in zijn pharmacologische werking overeenstemming met de door Marui onderzochte complexe zirkoonverbindingen.

No. 1185: E. M. H. Lips: Over de bewerkbaarheid van perlietisch gietijzer (Metaalbewerking **4**, 21 - 26, Mrt. 1937).

De bewerkbaarheid van perlietisch gietijzer kan men zonder bewerkbaarheidsproeven vastleggen, daar zijn bouw er op wijst, dat de bewerkbaarheid in hoofdzaak wordt bepaald door: 1) de hardheid der perlietische grondmassa, welke men kan meten met een microhardheidsmeter, 2) de hoeveelheid vrij grafiet, die uit de chemische analyse volgt en 3) de verdeeling der vrije grafiet, die men kan nagaan aan de hand van een ongeëtst praeparaat.

No. 1186: P. J. Bouma: Is geel licht minder verblindend dan wit licht? (Wegen **13**, 132 - 135, Mrt. 1937).

Geel en wit licht zijn, wat simultane verblinding betreft, ongeveer gelijkwaardig maar ten opzichte van successieve verblinding en hinderlijkheid is het gele licht belangrijk gunstiger (vgl. ook: Philips techn. T. **1**, 225, 1936).

No. 1186a: J. W. M. Roodenburg: Der Einfluß der Tageslänge im Zusammenhang mit der künstlichen Pflanzenbeleuchtung im Winter (Ber. dtsch. botan. Ges. **55**, Heft 1, Febr. 1937).

De ontwikkeling van bladeren, die onmiddellijk samenhangt met de assimilatie van koolzuur, blijkt

*) Van publicaties gemerkt met een * is geen voor verspreiding voldoend aantal overdrukken beschikbaar. Van de andere publicaties verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvraag gaarne overdrukken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

bij gemiddelde belichtingsduur en intensiteit evenredig te zijn met de lichthoeveelheid (duur maal intensiteit), die erop is gevallen. Het bloeien van planten en meerdere van dergelijke foto-periodieke processen kan men echter in bepaalde gevallen bevorderen door een aanvullende belichting met zóó kleine intensiteiten, dat de koolzuurassimilatie daardoor practisch niet wordt vermeerderd. De lengte van de dag heeft nl. veel invloed op de strekkingsgroei van bladeren en bloeistengels, zoodat zij een werking heeft die overeenstemt met die der celstrekkingshormonen. Wellicht beinvloedt de duur der dagelijksche belichting op een of andere manier de groeistoftoestand in de plant.

No. 1187: J. L. Snoek and M. W. Louwerse: Magnetic powder experiments on rolled nickel iron (II) (Physica **4**, 257 - 266, Apr. 1937).

De Bittersche strepen, die met magneetpoeders zijn te verkrijgen op dun gewalst plaatmateriaal van magnetisch zeer anisotroop nikkelijzer, wanneer de krachtlijnen loodrecht uittreden, werden nader onderzocht, speciaal ook voor de smalle zijde van het bandmateriaal. Op de langszijde van het band werd bij betrekkelijk zwakke velden een merkwaardige zigzagfiguur waargenomen, die bij omkeeren van het veld in de complementaire figuur overgaat, zoodat de lijnen elkaar niet kruisen. Op het gewalste vlak blijken naast de bekende parallele strepen ook vertakkingsfiguren op te treden, die echter bij omkeeren van het veld niet overgaan in daarmee complementaire figuren. Het is duidelijk vastgesteld, dat hierbij lijnen elkaar wèl kruisen. Er is nog geen bevredigende verklaring voor al deze verschijnselen gegeven.

No. 1188: H. Bruining, J. H. de Boer and W. G. Burgers: Secondary electron emission of soot in valves with oxide cathode (Physica **4**, 267- 275, Apr. 1937).

Bedekt men een koolstofoppervalk met bariumatomen, dan wordt het vermogen om secundaire electronen uit te zenden grooter. Roet, dat direct uit een vlam is neergeslagen en uit heel kleine deeltjes bestaat, blijkt zich echter anders te gedragen. Uit de wijze, waarop de secundaire emissie met de tijd verandert, volgt, dat de bariumatomen, die op deze koolstofmodificatie zijn neergeslagen, reeds onder invloed van een matig sterk electronenbombardement van het oppervlak verdwijnen. Tengevolge van plaatselijke verwarming verhuist het barium nl. naar roetdeeltjes, die dieper liggen. Dit naar binnen dringen van het barium vindt men in mindere mate bij roetlagen, die vanuit een suspensie gespoten zijn, aangezien de kleine deeltjes dan tot grootere complexen saamgeklonterd zijn. Door electronen-diffractiebeelden werd dit bevestigd.

No. 1189: W. Elenbaas: Der Gradient der Überhochdruck-Quecksilberentladung (Physica **4**, 279 - 284, Apr. 1937).

De electrische spanning per cm is in een super hooge-druk-kwikontlading grooter dan men zou afleiden uit metingen en formules voor het type ontlading bij één atmosfeer. Eenige mogelijke oorzaken hiervoor worden besproken.

No. 1190: J. H. de Boer: Über die Natur der Farbzentren in Alkalihalogenid-Kristallen (Rec. Trav. chim. Pays Bas **56**, 301 - 309, Mrt. 1937).

Door Mollwo gevonden evenwichtsconcentraties van kleurcentra kunnen niet verklaard worden aan de hand van de oude opvatting der kleurcentra als neutrale alkali-atomen, die aan inwendige oppervlakken van het rooster geadsorbeerd zijn. Volgens Schottky zijn ionengaten in het rooster en geassocieerde paren daarvan, die een rol spelen bij ionengeleiding en diffusie in alkalihalogeniden, wellicht ook van belang voor het ontstaan van kleurcentra. De onderlinge ligging van de bezette en onbezette banden der electronenniveaux voor het rooster en voor de alkali- en chloorionen, die zich naast de gaten bevinden, is zoodanig, dat bij lichtabsorptie en bij erin diffundeeren van electronen de kleurcentra zich kunnen vormen als neutrale alkali-atomen gelegen naast een halogeenionengat. Op deze wijze kan men de reproduceerbaarheid der absorptiebanden en de evenwichtsconcentratie der kleurcentra verklaren. Roosterfouten kunnen ook plaatsen zijn, waar zich kleurcentra vormen; dan worden de absorptiebanden verbreed of verschoven en de evenwichtsconcentraties worden overschreden.

No. 1191: J. A. M. van Liempt und W. van Wijk: Die Mikrogasanalyse von Argon-Stickstoff-Mischungen (Rec. Trav. chim. Pays Bas **56**, 310 - 314, Mrt. 1937).

In dit artikel wordt een opstelling beschreven, waarmee men kleine hoeveelheden van argon-stikstof-mengsels kwantitatief kan analyseeren. De stikstof wordt bepaald door absorptie aan vloeibaar lithium, terwijl het aanwezig zijn van argon wordt geverifieerd door de sublimatiedruk te meten bij de temperatuur van vloeibare stikstof en tevens door spectraalanalyse.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

No. 1192: M. J. O. Strutt und A. van der Ziel: Erweiterung der bisherigen Messungen der Admittanzen von Hochfrequenzverstärkerröhren bis 300 Megahertz (El. Nachr. Techn. **14**, 75 - 80, Mrt. 1937).

Methoden worden beschreven, volgens welke men een diodevoltmeter tot 300 megahertz nauwkeurig genoeg kan ijken voor het meten van impedanties. Verder worden de maatregelen behandeld, die men dient te nemen bij het construeeren van zenders, die tot 300 megahertz goed moeten kunnen functionneeren en voor het voldoende afschermen van de verschillende deelen der meetinrichting. Tenslotte worden impedantiemetingen beschreven, die tot 300 megahertz verricht zijn aan buizen voor korte golven, speciaal aan eikelpentboden. Hierbij blijkt, dat met deze buizen zelfs tot 300 megahertz nog spanningsversterking mogelijk is.

No. 1193: M. J. O. Strutt: Frequency changers in all-wave receivers. The performance of some types (Wirel. Eng. **14**, 184 - 192, Apr. 1937).

Dit artikel is een Engelsche bewerking van **No. 1177.**

No. 1194*: W. G. Burgers: Optische demonstratie van eenige verschijnselen, welke optreden bij de verstrooiing van röntgen- en electronenstralen door kristallen (Ned. T. Natuurk. **4**, 1 - 14, 33 - 48, 1937).

Dit artikel is geschreven naar aanleiding van voordrachten gehouden over het nauwkeurig in **No. 1149** beschreven demonstratie-toestel. Er wordt o.a. in toegelicht, hoe men hiermee „ingewikkelde" electronen-diffractie-beelden gemakkelijk kan begrijpen.

No. 1195: J. Alfter und B. Visman: Grundsätzliches zur Automatisierung der Röntgenapparate (Röntgenpraxis **9**, 244 - 247, Apr. 1937).

Het hoofddoel van de automatisatie is het verkrijgen van optimale beelden door te beletten, dat de buis onder zijn grensbelasting kan worden gebruikt bij toepassen van de voor de betreffende omstandigheden geschiktste buis. Verder moet men er nog de volgende voorwaarden aan stellen:

a) Reproduceerbaarheid van de kwaliteit van de straling en van de belichtingstijd.
b) Beschermen van de brandvlek tegen overbelasting en beveiligen tegen werken van het toestel onder verkeerde instelling.
c) Vergemakkelijken van het gebruiken van het toestel.

No. 1196: W. Elenbaas: Ontladingen in kwikdamp van hooge druk (Ned. T. Natuurk. **4**, 65 - 87, Apr. 1937).

In deze voordracht voor de vacantiecursus 1936 voor verlichtingskunde werd een samenvattend overzicht gegeven betreffende ontladingen in kwikdamp van hooge druk.

No. 1197: J. A. M. van Liempt and J. A. de Vriend: The flash time characteristics of indirectly ignited photographic flash lamps (Physica **4**, 353 - 360, Mei 1937).

Lumen-tijdkrommen van indirect ontstoken bliksemlichtlampen met aluminiumfolie worden opgegeven. Met het oog op practisch gebruik worden conclusies getrokken speciaal in verband met het toepassen van zg. synchronizers, die er voor zorg dragen, dat de lamp en de sluiter in een bepaalde tijdsrelatie worden ingeschakeld.

No. 1198: F. A. Heyn: Radioactivity induced by fast neutrons according to the (n, 2n) reaction (Nature **139**, 842, Mei 1937).

Als voortzetting van de in **No. 1141** beschreven beschietingen van koper en zink met snelle neutronen, waarbij tengevolge van het opnemen van één snel neutron de kern twee neutronen uitwerpt, heeft de schrijver dergelijke onderzoekingen verricht aan verschillende andere elementen. Voor de kunstmatig radio-actieve stoffen, die hierbij ontstaan, werden halfwaarde-tijden gevonden, die veelal overeenstemmen met de waarden, die Bothe en Gentner vonden bij het bestralen der zelfde elementen met gammastralen, waarbij één neutron wordt vrijgemaakt; bovendien werden nog eenige nieuwe radio-actieve isotopen gevonden.

Digitized by www.freeservicemanuals.info
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!